



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente
Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente

FELIPE ANTÔNIO DANTAS MONTEIRO

A ESPELEOLOGIA E AS CAVERNAS NO CEARÁ: CONHECIMENTOS, PROTEÇÃO AMBIENTAL E PANORAMA ATUAL.

FORTALEZA-CE

2014

FELIPE ANTÔNIO DANTAS MONTEIRO

A ESPELEOLOGIA E AS CAVERNAS NO CEARÁ:
CONHECIMENTOS, PROTEÇÃO AMBIENTAL E PANORAMA ATUAL.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal do Ceará (UFC), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientadora: Prof^a Dr^a Marta Celina Linhares Sales

FORTALEZA-CE

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- M776e Monteiro, Felipe Antônio Dantas.
A Espeleologia e as cavernas no Ceará: conhecimentos, proteção ambiental e panorama atual /
Felipe Antônio Dantas Monteiro. – 2014.
145 f.: il. , color. , enc. ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Pró-Reitoria de
Pesquisa e Pós-Graduação, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente,
Fortaleza, 2014.
Área de Concentração: Desenvolvimento e Meio ambiente.
Orientação: Profa. Dra. Marta Celina Linhares Sales.
1. Espeleologia. 2. Cavernas. 3. Proteção ambiental. 4. Direito ambiental. I. Título.

CDD 363.7

FELIPE ANTÔNIO DANTAS MONTEIRO

A ESPELEOLOGIA E AS CAVERNAS NO CEARÁ:
CONHECIMENTOS, PROTEÇÃO AMBIENTAL E PANORAMA ATUAL.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal do Ceará (UFC), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientadora: Prof^a Dr^a Marta Celina Linhares Sales

Aprovado em 22 / 09 / 2014

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dr^a Marta Celina Linhares Sales (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^o Dr. César Ulisses Vieira Veríssimo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^o Dr. Antônio Jeovah de Andrade Meireles
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico esse trabalho e essa importante conquista a Deus, nosso amado Pai criador, a Jesus, nosso Mestre maior, e a grande e divina espiritualidade universal.

Dedico aos meus pais José William Monteiro (*in memoriam*) e Maria de Fátima, a minha esposa Regina Cláudia, aos meus filhos Juan Francisco e João Marcelo, e a todos os meus familiares e companheiros de jornada.

Dedico em fim a mãe Terra (*Pachamama*), a natureza e a humanidade, ao equilíbrio, Paz e Bem a todos nós, divinas criaturas de Deus.

AGRADECIMENTOS

É com imensa satisfação e bastante sacrifício que apresento a minha dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da UFC. Apesar das intempéries da vida, que ocorreram durante esta caminhada do meu mestrado, graças a Deus consegui chegar até aqui. Semelhante à exploração de uma caverna, em que se entra pela primeira vez, a experiência de trilhar o desconhecido é fascinante, desafiador e nos apaixona pela aventura de conquistar o nosso objetivo final, mesmo diante dos percalços. As luzes que iluminam o que está obscuro e os apoios para superar os obstáculos no caminho cavernoso, são contribuições importantíssimas providas pelos bons companheiros de jornada, e principalmente pelas pessoas que nos guiam (orientam) para conseguir alcançar aonde tanto se desejou e sonhou chegar. Ao se atingir o almejado objetivo, puder parar por um momento para contemplar o magnífico cenário aonde se conseguiu chegar, deixar-se sentir as sensações e sentimentos sublimes da conquista de realizar um importante sonho. Diante desta grande felicidade, surge a vontade de compartilhar esse divino sentimento com todos, através de um singelo ato de reverência, respeito e gratidão. Por isso, aos meus caros amigos: Acadêmicos, colegas de estudos, graduação, especialização, mestrado, secretária Sônia, professores, especialmente Jeovah Meireles, César Veríssimo e minha orientadora Marta Celina; Espeleólogos de plantão, Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), Redespeleo Brasil, Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), em particular Lindalva, Zeca, Jocy, memorável Celso Ximenes, prof^o Leonardo Morato e sua equipe espeleossocorrista de Barreiras; Ambientalistas, colegas de trabalho da SEMACE e CONPAM, principalmente aos que buscam um meio ambiente equilibrado, socialmente justo para todos, no presente e futuro, mesmo diante dos “donos do poder”; Educadores, engajados pela construção de uma educação de qualidade para todos, principalmente professores das escolas públicas Castelo e Aauto (AB), e nossos educandos; Familiares, que acompanharam toda a minha trajetória, que sabem as dificuldades que tive que superar para chegar até aqui, o esforço que faço para ir além, merece se ressaltar o apoio incondicional que sempre recebi, principalmente dos meus amorosos pais José William Monteiro (in memoriam) e Dona Fátima, da minha amada esposa Regina Cláudia, e dos meus maravilhosos filhos Juan Francisco e João Marcelo; e a todos os demais companheiros de jornada, a grande e divina espiritualidade universal, o meu muito obrigado e que Deus nos abençoe. Viva a “beleza de ser um eterno aprendiz”.

Felipe Antônio Dantas Monteiro

“Quando nos deparamos com a entrada de uma caverna somos tomados por um sentimento misto de temor e desejo. Temor das trevas e do desconhecido, e desejo de encontrar ali a chave de mistérios nem sequer suspeitados.”

(Leonardo da Vinci)

“De uma caverna nada se tira além de fotografias, nada se mata além do tempo e nada se deixa além de pegadas.”

(lema internacional da espeleologia)

RESUMO

No Ceará, além da famosa Gruta de Ubajara, existem muitas outras cavernas, desta forma, é essencial conhecer o panorama atual deste patrimônio espeleológico para conseguir protegê-lo. A espeleologia, que é o estudo das cavernas, tem revelado para a humanidade a grande importância desses ambientes. Além de ter servido de abrigo para o homem na pré-história, as cavernas são como celeiros naturais e culturais de valiosos registros científicos, paleontológicos, arqueológicos, dentre outros. Os ambientes cavernícolas também se destacam devido aos seus belos cenários de formações rochosas, ornamentados por espeleotemas (estalactites, estalagmites, etc.) e seus ecossistemas subterrâneos, peculiares e frágeis, com espécies endêmicas e raras, como os troglóbios. As cavidades naturais subterrâneas, conhecidas popularmente como cavernas, grutas, furnas, tocas, lapas, abismos ou buracos, são consideradas pela Constituição Federal como “bens da União” e existe no país uma legislação específica, pertinente à proteção do patrimônio espeleológico brasileiro. Espeleólogos estimam que no Brasil, apenas cerca de 5% das cavernas existentes tenham sido identificadas. No Ceará, muitas das cavernas conhecidas não estão oficialmente registradas nos cadastros espeleológicos nacionais. Por essa razão, esta dissertação tem como objetivo principal apresentar o panorama atual do patrimônio espeleológico no Estado do Ceará. Para isso são trabalhados na pesquisa os conhecimentos e conceitos relativos à espeleologia, como a sua importância, utilização, as fragilidades e os impactos; a legislação pertinente à proteção, ao licenciamento e à conservação ambiental do patrimônio espeleológico; e o atual levantamento de informações sobre as cavernas conhecidas no território cearense, com recomendações de uso e conservação. Pretende-se desta forma, com base neste panorama, fundamentar políticas públicas de proteção e gestão ambiental das cavidades naturais subterrâneas e suas áreas de potencial ocorrência.

Palavras-chave: Cavernas no Ceará. Patrimônio Espeleológico. Legislação. Proteção Ambiental. Panorama Atual.

ABSTRACT

In Ceará, plus the famous Grotto of Ubajara, there are many other caves in this way, it is essential to know the current situation to achieve this speleologically protect it. Speleology, which is the study of caves has revealed to mankind the great importance of these environments. In addition to having served as a shelter for man in prehistoric times, the caves are as natural and cultural storehouses of valuable scientific records, paleontological, archaeological, among others. The cave environments also stand out due to its beautiful scenery of rock formations, ornamented by speleothems (stalactites, stalagmites, etc.) and their subterranean ecosystems, peculiar and fragile, with endemic and rare species, like the troglodyte. Natural underground cavities, popularly known like caves, grottos, caves, burrows, limpets, pits or holes, are considered by the Federal Constitution as "property of the Union" in the country and there is a specific, relevant to the protection of the Brazilian speleologically legislation. Cavers in Brazil estimated that only about 5% of the existing caverns have been identified. In Ceará, many of the known caves are not officially registered in the National Speleological entries. For this reason, this dissertation aims to present the current landscape of speleologically in Ceará. For this are worked in research knowledge and concepts related to caving, as its importance, use, weaknesses and impacts; relevant legislation for the protection, licensing and environmental conservation speleologically; and the current survey information on the known caves in the territory of Ceará, with recommendations for their use and conservation. It is intended this way, based on this overview, base public policies on environmental protection and management of natural underground cavities and areas of potential occurrence.

Keywords: Caves in Ceará. Speleological heritage. Legislation. Environmental Protection. Current Panorama.

RESUMEM

En Ceará, además de la famosa Gruta de Ubajara, hay muchas otras cuevas de esta manera, es imprescindible conocer la situación actual para lograr este speleologically protegerla. Espeleología, que es el estudio de las cuevas ha revelado a la humanidad la gran importancia de estos ambientes. Además de haber servido como un refugio para el hombre en la prehistoria, las cuevas son como almacenes naturales y culturales de los registros científicos valiosos, paleontológico, arqueológico, entre otros. Los ambientes rupestres también destacan por su hermoso paisaje de formaciones rocosas, adornadas por espeleotemas (estalactitas, estalagmitas, etc.) y sus ecosistemas subterráneos, peculiares y frágiles, con especies endémicas y raras, como el troglodita. Cavidades subterráneas naturales, popularmente conocido como cuevas, grutas, madrigueras, lapas, hoyos o agujeros, son considerados por la Constitución Federal como "propiedad de la Unión" en el país y hay una específica, relevante para la protección de la legislación speleologically brasileño. Los espeleólogos en Brasil estima que sólo alrededor del 5% de las cavernas existentes han sido identificados. En Ceará, muchas de las cuevas conocidas no están registrados oficialmente en las entradas Espeleológica Nacional. Por esta razón, esta tesis tiene como objetivo presentar el panorama actual de speleologically en Ceará. Para ello se trabajó en conocimiento de la investigación y los conceptos relacionados con la espeleología, ya que su importancia, uso, debilidades e impactos; legislación pertinente para la protección, la concesión de licencias y la conservación del medio ambiente speleologically; y la información de la encuesta actual sobre las cuevas conocidas en el territorio de Ceará, con recomendaciones para su uso y conservación. Se pretende de esta manera, sobre la base de esta visión general, basar las políticas públicas en materia de protección del medio ambiente y la gestión de las cavidades y las áreas de potencial ocurrencia subterráneos naturales.

Palabras clave: Cuevas en Ceará. Patrimonio espeleológico. Legislación. Protección del Medio Ambiente. Panorama actual.

RESUMÉ

Dans Ceará, plus la célèbre Grotte de Ubajara, il ya beaucoup d'autres grottes de cette façon, il est essentiel de connaître la situation actuelle pour atteindre ce niveau spéléologique protéger. Spéléologie, qui est l'étude des grottes a révélé à l'humanité la grande importance de ces milieux. En plus d'avoir servi d'abri pour l'homme dans les temps préhistoriques, les grottes sont les réservoirs naturels et culturels de documents scientifiques précieuses, paléontologique, archéologique, entre autres. Les environnements de grottes se distinguent également en raison de ses beaux paysages de formations rocheuses, ornés par des concrétions (stalactites, stalagmites, etc.) et de leurs écosystèmes souterrains, particuliers et fragiles, avec des espèces endémiques et rares, comme le troglodyte. Cavités souterraines naturelles, populairement connu comme des grottes, des grottes, des cavernes, des terriers, des patelles, des puits ou des trous, sont considérés par la Constitution fédérale comme «propriété de l'Union" dans le pays et il ya un spécifique, concernant la protection de la législation spéléologique brésilien. Cavers au Brésil estime que seulement 5% des cavernes existantes ont été identifiés. Dans Ceará, un grand nombre de grottes connues ne sont pas officiellement enregistrés dans les entrées national spéléologiques. Pour cette raison, cette thèse vise à présenter la situation actuelle de spéléologique dans Ceará. Pour ce sont travaillés dans la connaissance de la recherche et des concepts liés à la spéléologie, son importance, l'utilisation, les faiblesses et les impacts; législation pour la protection, l'octroi de licences et protection de l'environnement au niveau spéléologique; et les informations de l'enquête en cours sur les grottes connues sur le territoire de Ceará, avec des recommandations pour leur utilisation et leur conservation. Il est prévu de cette manière, à partir de cette vue d'ensemble, fonder les politiques publiques en matière de protection et de gestion de l'environnement de cavités et de zones d'occurrence potentiel naturelles souterraines.

Mots-clés: Grottes de Ceará. Patrimoine spéléologique. Législation. Protection de l'environnement. Panorama actuel.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa conceitual sobre proposta de classificação das atividades espeleológicas. .	19
Figura 2 - Mapa conceitual das representações de ser espeleólogo.	21
Figura 3 - Imagem de satélite da região do Kras, localizada entre a Eslovênia, Croácia e Itália.	24
Figura 4 - Perfil esquemático do sistema cárstico, compreendendo o carste superficial, o epicarste e o carste subterrâneo (caverna).	26
Figura 5 - Ilustração da diferença entre caverna, abrigo e abismo.	27
Figura 6 - Fotos ilustrativas de tubos de lava.	30
Figura 7 - Fotos ilustrativas de cavernas em tálus.	32
Figura 8 - Fotos ilustrativas de cavernas de fenda.	34
Figura 9 - Fotos ilustrativas de cavernas cársticas.	36
Figura 10 - Fotos ilustrativas de cavernas cársticas.	37
Figura 11 - Fotos ilustrativas de cavernas de erosão de ondas.	39
Figura 12 - Fotos ilustrativas de cavernas de erosão de ondas.	40
Figura 13 - Fotos ilustrativas de cavernas de tafone.	42
Figura 14 - Fotos ilustrativas de cavernas de tafone.	43
Figura 15 - Fotos ilustrativas de cavidades de erosão de correnteza.	44
Figura 16 - Fotos ilustrativas de cavernas de erosão de ventos.	45
Figura 17 - Desenho e fotos ilustrativas de cavidades de tubulação.	46
Figura 18 - Fotos ilustrativas de cavernas em tufa.	48
Figura 19 - Fotos ilustrativas de cavernas de gelo.	50
Figura 20 - Fotos ilustrativas de cavernas em geleiras.	51
Figura 21 - Fotos ilustrativas de cavernas abrigo.	52
Figura 22 - Ilustração sobre a formação e os tipos de espeleotemas.	54
Figura 23 - Ilustração sobre processo de dolinamento de colapso em área urbana.	66
Figura 24 - Fotos de crateras que surgiram em Cajamar (SP) provocadas por dolinamentos de colapso.	66
Figura 25 - Foto de pichações na Gruta de Ubajara.	74
Figura 26 - Fluxograma de trâmite de processo de licenciamento ambiental relativo ao patrimônio espeleológico.	95
Figura 27 - Quadro das etapas dos estudos espeleológicos no processo de licenciamento ambiental.	96

Figura 28 - Quadro com a classificação dos registros de informações sobre cavernas no Ceará.....	100
Figura 29 – Mapa de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil, na escala 1:2.500.000	105
Figura 30 - Quadro de estimativa do potencial espeleológico brasileiro em relação a cavernas conhecidas.....	106
Figura 31 - Quadro com as cavernas do Ceará cadastradas no CNC-SBE (até maio de 1998).....	112
Figura 32 - Quadro com as cavernas do Ceará conhecidas ou com alguma referencia bibliográfica, não cadastradas no CNC (até maio de 1998).	113
Figura 33 - Quadro com as cavidades com referencias verbais não confirmadas (até maio de 1998).	113
Figura 34 - Quadro do atual levantamento de informações sobre as cavernas conhecidas no Ceará.....	116
Figura 35 - Quadro da distribuição das cavidades e indícios cavernícolas conhecidos por município	118
Figura 36 - Mapa de potencialidade de ocorrência de cavernas baseada na litologia - Estado do Ceará.	120
Figura 37 - Mapa dos municípios do estado do Ceará com ocorrência de cavernas	121
Figura 38 - Mapa dos municípios do Ceará com cavernas cadastradas do CECAV.....	122

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BA – Bahia

CE – Ceará

CANIE – Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas

CBE – Congressos Brasileiros de Espeleologia

CECAV – Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas

CNC – Cadastro Nacional de Cavernas elaborado pela SBE

CODEX – inventário espeleológico brasileiro da Redespeleo Brasil

COEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CONPAM – Conselho de Políticas e Gestão do Meio Ambiente

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

DDT – Diclorodifeniltricloroetano

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EUA – Estados Unidos da América

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

GEECE – Grupo de Exploração Espeleológica do Ceará

GEEP-AÇUNGUI – Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná - Açungui

GESCAMP – Grupo Espeleológico de Campinas

GT – Grupo de Trabalho

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

ICCN – Instituto Cearense de Ciências Naturais

IEF – Instituto Estadual de Florestas

IG-USP – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

IUCN – International Union for Conservation of Nature

LED – Light Emission Diode

LI – Licença de Instalação

LO – Licença de Operação

LP – Licença Prévia

MA – Maranhão

MG – Minas Gerais

MMA – Ministério do Meio Ambiente
ONG – Organização Não Governamental
PA – Pará
PAN – Plano de Ação Nacional para a Conservação do Patrimônio Espeleológico
PCB – Bifenilos Policlorados
PEN – Patrimônio Espeleológico Nacional
PETAR – Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira
PNCPE – Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico
PNE – Portadores de Necessidades Especiais
PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente
PRODEMA – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente
RBEsp – Revista Brasileira de Espeleologia
Redespeleo Brasil – associação de rede de espeleólogos no Brasil
RIMA – Relatório de Impacto Ambiental
SBE – Sociedade Brasileira de Espeleologia
SEMACE – Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SINIMA – Sistema Nacional de Informação do Meio Ambiente
SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
SP – São Paulo
UC – Unidades de Conservação
UFC – Universidade Federal do Ceará
UIS – União Internacional de Espeleologia
USA – United States of America

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	CONHECIMENTOS RELATIVOS À ESPELEOLOGIA E PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICOS.....	17
2.1	O que é a espeleologia? E quem são os espeleólogos?.....	17
2.2	Cavernas e patrimônio espeleológico.....	22
2.3	O que é o carste e qual é a sua importância?.....	23
2.4	Geoespeleologia.....	26
2.5	Importância e utilização do patrimônio espeleológico.....	55
2.6	Fragilidades e impactos relativos ao patrimônio espeleológico.....	64
3	PROTEÇÃO DO PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO NO BRASIL.....	81
3.1	“Desenvolvimento sustentável”, interdisciplinaridade e espeleologia.....	81
3.2	A política nacional do meio ambiente e o licenciamento ambiental.....	83
3.3	Histórico da legislação pertinente às cavernas.....	85
3.4	Licenciamento ambiental, conservação e as cavidades naturais subterrâneas.....	89
4	PANORAMA ATUAL DO PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO NO CEARÁ.....	97
4.1	Metodologia para a elaboração do panorama atual do patrimônio espeleológico no estado do Ceará.....	97
4.2	Levantamentos e cadastros espeleológicos no Brasil.....	101
4.3	Patrimônio espeleológico do Ceará: importância e levantamentos de cavernas.....	107
4.4	Atual levantamento e situação das cavernas no estado do Ceará.....	114
4.5	Recomendações de uso e conservação do patrimônio espeleológico no Ceará.....	126
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	128
	REFERÊNCIAS.....	136

1- INTRODUÇÃO

Como explicar para quem não vivencia, ou participa dessa experiência, esse nosso “gosto” de se ralar, se apertar, se molhar, se sujar e ser feliz fazendo aquilo que se gosta e se quer. É pena que a vida não possa se resumir simplesmente a isso: ir para caverna. (GEEP-AÇUNGUI, 2001, p. 1)

Apesar dos grandes avanços tecnológicos e conquistas realizados pela humanidade até o momento, em conhecer a imensidão da superfície terrestre e seus confins, as profundezas dos oceanos e mares, a amplidão do espaço sideral chegando a ir além da Via Láctea, ainda é pouco o conhecimento que se tem sobre as cavernas existentes no planeta e o “mundo subterrâneo” que se encontra em suas “entranhas”.

As cavidades naturais subterrâneas, comumente conhecidas como cavernas, grutas, furnas, buracos, tocas e etc., são espaços compostos por uma natureza singular, que abriga uma grande complexidade de formações geológicas e cenários deslumbrantes, riquezas minerais valiosas, ecossistemas únicos e bastante sensíveis, seres endêmicos e raros, importantes achados científicos paleontológicos, paleoambientais, arqueológicos, antropológicos, dentre outras. Essas características intrínsecas ao mundo cavernícola, desperta o interesse econômico e a atenção de muitas pessoas, empresas, mineradoras, cientistas, ambientalistas, turistas, religiosos, esportistas, aventureiros e especialmente dos espeleólogos.

O Brasil atualmente tem mais de 13.000 cavidades naturais subterrâneas conhecidas e catalogadas, fora outras prováveis milhares de cavidades ainda desconhecidas. A espeleologia, como ciência que se dedica ao estudo das cavernas, tem evoluindo bastante no país, não só realizando explorações de cavernas, mas também colaborando com novas descobertas, discussões, produções científicas, e lutando para a proteção do patrimônio espeleológico nacional.

As cavidades naturais subterrâneas brasileiras têm registrado vários impactos ambientais nocivos, de diversas proporções, desde a simples quebra de uma estalactite até a supressão (destruição) total de cavidades. As principais atividades humanas que se destacam nos impactos as cavernas são: a exploração de recursos minerais (água, calcário, minério de ferro, etc.), o turismo, a agropecuária, a urbanização e as obras de engenharia civil. Existe no Brasil um conjunto de normas legais e específicas (legislação pertinente) para a proteção do patrimônio espeleológico nacional.

No Ceará não existe apenas a Gruta de Ubajara, como algumas pessoas podem pensar. Estão cadastradas oficialmente, apenas, um pouco mais de 40 cavernas no território do Estado do Ceará, até o momento. O pouco conhecimento que se tem, sobre o patrimônio

espeleológico cearense dificulta bastante a sua proteção e conservação, ficando desta forma muito vulnerável aos impactos ambientais. A possibilidade legal a nível nacional, dos Municípios terem a autonomia para realizar o licenciamento ambiental de atividades e empreendimentos que causem ou possam causar impacto ambiental de âmbito local, inclusive em áreas de ocorrência de patrimônio espeleológico é bastante preocupante. Pois os processos de licenciamento ambiental relativos ao patrimônio espeleológico, mobiliza uma gama de conhecimentos técnico-científicos extremamente especializados, exigindo assim pessoal devidamente capacitado para o trabalho. Situação essa que não é compatível com a atual realidade dos municípios cearenses.

O objetivo principal desta dissertação é apresentar o panorama atual do patrimônio espeleológico no Estado do Ceará, tendo como base os conhecimentos da espeleologia, a proteção ambiental prevista na legislação e o atual levantamento de informações sobre as cavernas cearenses conhecidas, visando desta forma, fundamentar políticas públicas de proteção e gestão ambiental das cavidades naturais subterrâneas e suas áreas de potencial ocorrência. No processo de desenvolvimento desta pesquisa são trabalhados os seguintes objetivos específicos: sistematizar os principais conhecimentos e conceitos relativos à espeleologia e patrimônio espeleológico, para que as pessoas possam compreender a importância do patrimônio espeleológico e de sua conservação; analisar a proteção ambiental do patrimônio espeleológico no Brasil, prevista na legislação pertinente, destacando o licenciamento e conservação ambiental; realizar o atual levantamento de informações sobre as cavernas cearenses conhecidas e situação do patrimônio espeleológico no estado do Ceará; e elaborar recomendações de uso e conservação relativos ao patrimônio espeleológico cearense.

2- CONHECIMENTOS RELATIVOS À ESPELEOLOGIA E PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICOS

2.1- O que é a Espeleologia? E quem são os Espeleólogos?

Desvendar a cada passo salões e galerias onde jamais outro homem penetrou, descobrir fantásticas formações minerais e estranhas formas de vida é sem dúvida uma das mais excitantes aventuras que a natureza ainda nos reserva.

Explorar uma caverna é isto; e mais, é buscar entendê-las enquanto manifestação de inúmeras forças naturais, o que exige acurada observação, tecnologia adequada e senso de equipe.

No caminho da exploração, inúmeros perigos e obstáculos físicos se opõem ao avanço do espeleólogo. O ambiente pode lhe ser hostil pela ausência de luz, pelo frio e pela umidade e o caminhar dificultado por grandes distâncias e desníveis, por pisos irregulares e escorregadios, por estreitamentos e “tetos baixos”. Da mesma forma, rios, lagos e cachoeiras ou ainda trechos desmoronados, sifonados e inundações podem não apenas dificultar a penetração, mas até torná-la impossível. (LINO; ALLIEVI, 1980, p. 110).

A simples definição de *espeleologia* como sendo o estudo de cavernas, tem a sua origem (etimologia) relacionada aos radicais *spelaeum* (latim) ou *spelaiion* (grego), que significam caverna, e *logos* (grego) que é estudo, e foi apresentado pelo historiador francês Riviere, em 1890. De acordo com Gèze (1968 *apud* SOUZA, 2012, p. 61), autor que elaborou uma das mais importantes definições de espeleologia, com grande aceitação internacional, de forma abrangente e sintética, define-se a espeleologia como uma “disciplina consagrada ao estudo das cavernas, de sua gênese e de sua evolução, do meio físico que elas representam, de sua população biológica atual ou passada, como também dos meios e técnicas que são próprios para seu estudo”.

Para Lino (1989, p 44), dentre alguns conceitos básicos da espeleologia, deve-se destacar o “caráter predominantemente interdisciplinar e científico, ao qual se aglutina, como meio, instrumento fundamental de trabalho, a atividade esportiva inerente à exploração de cavernas”. A atividade espeleológica foi inclusive definida na versão original do Decreto Federal nº 99.556/1990, que dispõe sobre a proteção das cavernas existentes no Brasil, como sendo “as ações desportivas, ou aquelas técnico-científicas de prospecção, mapeamento, documentação e pesquisa que subsidiem a identificação, o cadastramento, o conhecimento, o manejo e a proteção das cavidades naturais subterrâneas” (BRASIL, 1990). Mas o texto atual do referido decreto, não traz mais a definição de atividade espeleológica, devido às alterações promovidas pelo Decreto Federal nº 6.640/2008, que dá nova redação ao Decreto nº 99.556/1990.

Sobre a questão das pessoas que praticam a espeleologia, conhecidos como *espeleólogos*, Lobo e Travassos (2012) no seu livro *O ser humano e a paisagem cárstica* traz a seguinte abordagem sobre a relação dos espeleólogos com as cavernas:

Muitas destas cavernas não haviam sido visitadas por humanos até a chegada de grupos de pessoas, chamados espeleólogos. Cabe ao espeleólogo o trabalho básico de desvendar novos mundos para o conhecimento de todos por meio de suas técnicas de exploração. Muitas vezes é preciso rastejar, nadar, se espremer entre as rochas ou mesmo muda-las de lugar para que novos universos subterrâneos sejam descortinados. Conduitos e salões explorados, trenas esticadas, medidas anotadas, eis o resultado de um trabalho que pode levar horas ou décadas: o mapa topográfico; a base para que outros de nossos trabalhos possam ser executados com a clareza que a ciência exige.

E ainda há muito a ser descoberto depois de um mapa feito. Para cada tipo de descoberta, um de nossos especialistas da ciência se faz necessário. Geólogos, geógrafos, geomorfólogos, climatólogos, paleontólogos, arqueólogos, biólogos, ecólogos... São tantas especialidades que fazem das cavernas um vasto campo, tanto para descobertas que podem explicar o presente e direcionar o futuro, quanto uma janela para o nosso passado [...] (LOBO; TRAVASSOS, 2012, p. 43)

A espeleologia como área do conhecimento em pleno desenvolvimento, não conta, ainda, no Brasil com cursos convencionais de graduação, pós-graduação ou mesmo técnico-profissionalizante, que cuidem da formação de espeleólogos. Geralmente as pessoas que tem iniciação nesta seara são advindas de grupos de espeleologia e excursionismo, a maioria ligada a universidades, por afinidade acadêmica, muitos são geólogos, geógrafos, biólogos, arqueólogos, paleontólogos, turismólogos. Mas, também, encontra-se uma variada gama de outras formações (arquitetura, engenharia civil, administração, publicidade e propaganda, odontologia, veterinária, etc.) que compõem essa plêiade de pessoas que se reconhecem na prática como espeleólogos. Destaca-se como forte característica da espeleologia a intrínseca interdisciplinaridade, necessária para tentar abranger a amplitude do universo desses mundos subterrâneos e suas nuances.

Dentre as subdivisões dos estudos e atividades relativos à espeleologia, ressalta-se: geoespeleologia (geologia de cavernas); espeleomineralogia (depósitos minerais, espeleotemas); espeleogênese (formação de cavernas); climatologia subterrânea (climas de cavernas, paleoclimatologia); hidrologia subterrânea (hidrologia cavernícola); carstologia (áreas cársticas ou espeleologia física); bioespeleologia (ecologia de cavernas); espeleopaleontologia (paleontologia cavernícola); antropoespeleologia (arqueologia de cavernas, espeleomitologia, espeleologia econômica); espeleoprospecção (exploração de cavernas); espeleometria (topografia de cavernas); espeleodocumentação (espeleofoto, espeleocartografia); espeleoturismo (turismo em cavernas); espeleoresgate (resgate em

cavernas ou espeleo-socorro); espeleoinclusão (acessibilidade de PNE em cavernas); geoconservação (conservação de cavernas); e etc.

Para um “pretendente” ter motivação para ser espeleólogo ele sentirá neste momento [que entrar pela primeira na cavidade] uma fusão de seu corpo com a caverna, e a água que percorre o interior da gruta entrará dentro de sua “alma”, ou seja, a caverna terá seu significado revisto e ampliado nos códigos simbólicos do iniciado. (PARELLADA, 1990 *apud* FIGUEIREDO, 2011, p. 369)

Segundo Figueiredo (2011, p. 365), no artigo *O ser espeleólogo: geopoética e as representações de um discurso coletivo*, a universalidade dos que praticam a espeleologia “transita entre a prática ecoturística, o esporte de aventura, a exploração técnica e a pesquisa científica”. Para demonstrar um pouco da divisão dos focos nas atividades ligadas às cavernas, Figueiredo (2010, p. 369) apresenta, em sua tese de doutorado *Cavernas como paisagens racionais e simbólicas*, um mapa conceitual sobre proposta de classificação das atividades espeleológicas (FIGURA 1). De acordo com o autor, o intuito do mapa conceitual é proporcionar uma contribuição ao debate, que ainda merece maiores reflexões e discussões, portando não se trata de uma classificação estanque, pois tem poucos exemplos, mas que reforça a idéia que existem interfaces em todas as categorias.

Figura 1 - Mapa conceitual sobre proposta de classificação das atividades espeleológicas.



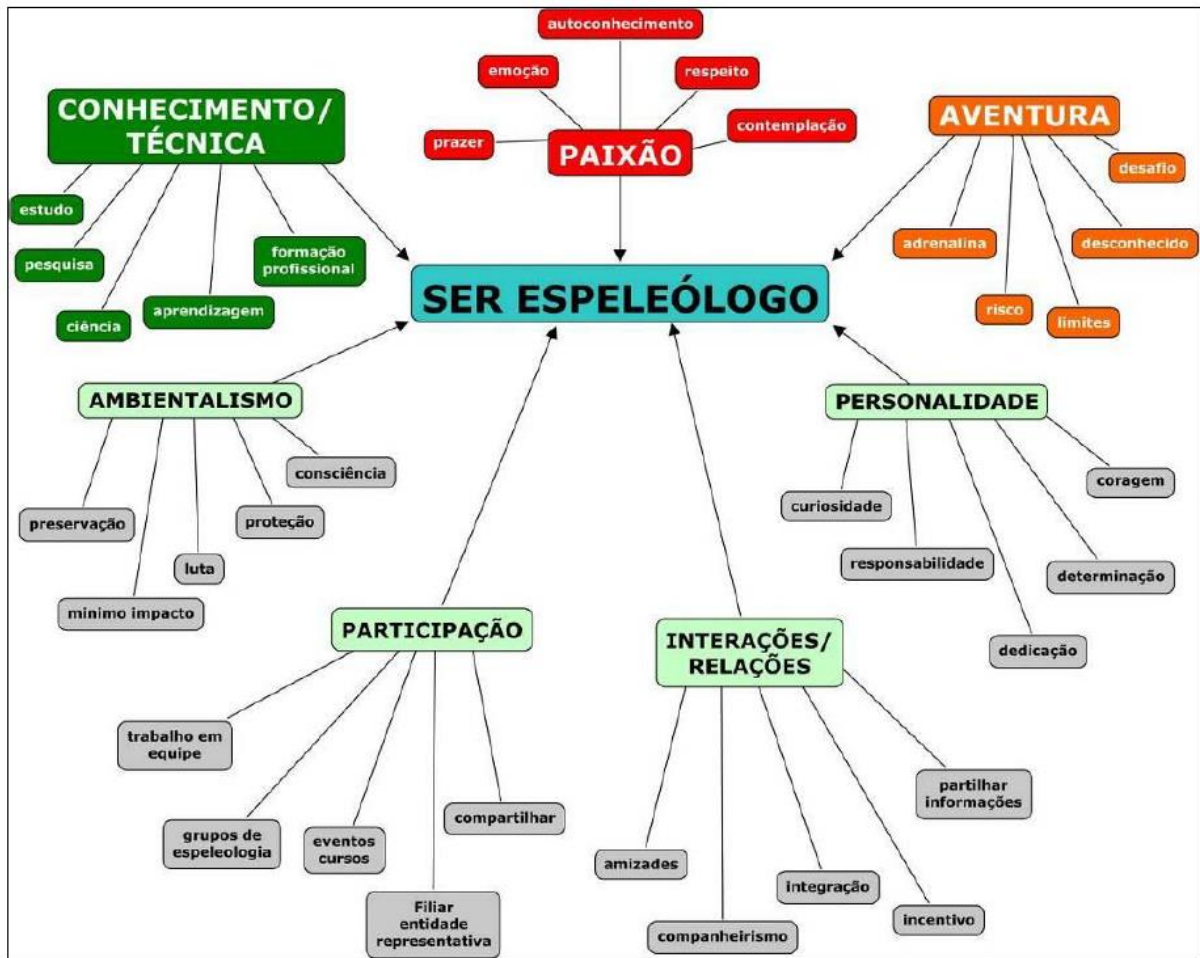
Fonte: Figueiredo (2010, p. 370)

Além das atividades espeleológicas apresentadas na figura acima, também se pode incluir entre essas atividades a espeleoinclusão e o espeleoresgate. A espeleoinclusão é o ramo da espeleologia que trabalha com técnicas e adaptações para a inclusão dos Portadores de Necessidades Especiais (PNE) na acessibilidade aos ambientes cavernícolas. Expedições espeleológicas realizam a atividade de espeleoinclusão dando o apoio e suporte necessário à acessibilidade segura aos deficientes participantes, respeitando as limitações de cada um. O espeleoresgate ou espeleo socorro é conjunto de técnicas apropriadas para a realização de resgates de pessoas de dentro de cavernas, com a segurança necessária para ultrapassar os difíceis obstáculos que se encontra num ambiente cavernícola.

Ainda, de acordo com a pesquisa realizada por Figueiredo (2010, p. 379) em sua tese de doutorado, com base em questionários aplicados com espeleólogos, no seu estudo observou que “as características que melhor definem o ser espeleólogo são: paixão, conhecimento/técnica, aventura, ambientalismo, participação, personalidade e interações/relações interpessoais entre praticantes dessa atividade”. Como resultado do referido estudo, o autor elaborou um mapa conceitual das representações de ser espeleólogo (FIGURA 2).

Uma das palavras que apareceu de forma muito intensa nos depoimentos foi Paixão, ou outras associadas, como emoção, respeito, contemplação, autoconhecimento e prazer, devido ao inesquecível e singular momento que presenciaram ao adentrar pela primeira vez em uma caverna. Fala-se novamente em “vírus espeleológico”, algo difícil de livrar, mas visto de forma completamente positiva. O encontro com algo novo e que permite o redescobrimto de limites, interesses e motivações. (FIGUEIREDO, 2010, p. 380)

Figura 2 - Mapa conceitual das representações de ser espeleólogo.



Fonte: Figueiredo (2010, p. 379)

A espeleologia no Brasil, nas últimas décadas, vem despertando a atenção de outros grupos de pessoas além dos espeleólogos. Isso acontece, principalmente devido à ocorrência de minerais importantes, como o calcário e o ferro, em áreas em que existem cavernas. A atual pressão econômica para a realização de atividades de mineração nestas áreas, tem envolvido a espeleologia em sérias questões ambientais, científicas, políticas, e até judiciais. Desta forma a espeleologia vêm ganhando projeção no cenário nacional, com um significativo aumento da produção de estudos científicos e profissionais, muitos relacionados aos processos de licenciamento ambiental em áreas de patrimônio espeleológico. Inclusive grandes companhias mineradoras no país, têm dentro de suas empresas setores específicos para as questões espeleológicas, como é o caso da Vale e da Votorantim. Em fim, a espeleologia tem a relevante missão de esclarecer a sociedade, da importância de se conhecer e proteger as cavidades naturais subterrâneas, o patrimônio espeleológico do Brasil.

2.2- Cavernas e Patrimônio Espeleológico

A definição mais utilizada internacionalmente para caverna, inclusive adotada pela União Internacional de Espeleologia (UIS), órgão que congrega as instituições nacionais de espeleologia, descreve a caverna como uma “abertura natural formada em rocha abaixo da superfície do terreno, larga o suficiente para a entrada do homem” (PILÓ; AULER, 2010, p.7).

A legislação brasileira no decreto federal que dispõe sobre a proteção das cavernas existentes no Brasil, Decreto nº 99.556/1990 (com redação alterada pelo Decreto Federal nº 6.640/2008) apresenta no Art. 1º, Parágrafo único, o seu conceito para a definição de cavernas, a qual denomina de cavidades naturais subterrâneas (BRASIL, 1990, 2008).

Entende-se por cavidade natural subterrânea todo e 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. (BRASIL, 2008)

Os conceitos de caverna ora apresentados, que condiciona sua caracterização a possibilidade de ser “larga o suficiente para a entrada do homem” expressa uma visão essencialmente antropocêntrica do meio ambiente. Sendo assim, desconsidera-se a relevância que aberturas menores possam ter para os seres vivos que habitam os ecossistemas cavernícolas, objetos de estudo da bioespeleologia (insetos, aracnídeos, diplópodes, crustáceos, morcegos, dentre outros), e para a própria dinâmica hidrogeológica, que muitas vezes é um dos principais fatores na formação de cavernas (espeleogênese). Também pertinente à temática, é conveniente ressaltar que, as cavidades subterrâneas artificiais feitas pelos homens, como as minas de exploração de jazidas minerais, não podem ser consideradas como cavernas.

O mesmo decreto federal que traz a definição de cavidades naturais subterrâneas (Decreto nº 99.556/1990), no texto original do seu Art. 5º, apresentava os importantes conceitos de *patrimônio espeleológico*, *áreas de potencial espeleológico* e *atividades espeleológicas*. Porém, com a publicação do Decreto Federal nº 6.640/2008, este último fez alterações na redação original do decreto anterior, suprimindo os conceitos de patrimônio espeleológico, áreas de potencial espeleológico e atividades espeleológicas (BRASIL, 1990, 2008).

Art. 5º Para efeito deste decreto, consideram-se:

I - patrimônio espeleológico: o conjunto de elementos bióticos e abióticos, sócio-econômicos e histórico-culturais, subterrâneos ou superficiais, representados pelas cavidades naturais subterrâneas ou a estas associados;

II - áreas de potencial espeleológico: as áreas que, devido à sua constituição geológica e geomorfológica, sejam suscetíveis do desenvolvimento de cavidades naturais subterrâneas, como as de ocorrência de rochas calcárias;

III - atividades espeleológicas: as ações desportivas, ou aquelas técnico-científicas de prospecção, mapeamento, documentação e pesquisa que subsidiem a identificação, o cadastramento, o conhecimento, o manejo e a proteção das cavidades naturais subterrâneas. (BRASIL, 1990)

A definição de *patrimônio espeleológico* na legislação ambiental brasileira, ainda está mantida na Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 347/2004, que justamente dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico. Nesta resolução, em suas considerações afirma-se que “as cavidades naturais subterrâneas compõem o Patrimônio Espeleológico Nacional”, e no Art.2º o conceito de patrimônio espeleológico é idêntico ao da redação original do Decreto nº 99.556/1990. Também merece destaque no mesmo artigo da Resolução do CONAMA, a definição de *área de influência sobre o patrimônio espeleológico* que é conceituado como “área que compreende os elementos bióticos e abióticos, superficiais e subterrâneos, necessários à manutenção do equilíbrio ecológico e da integridade física do ambiente cavernícola” (CONAMA, 2004).

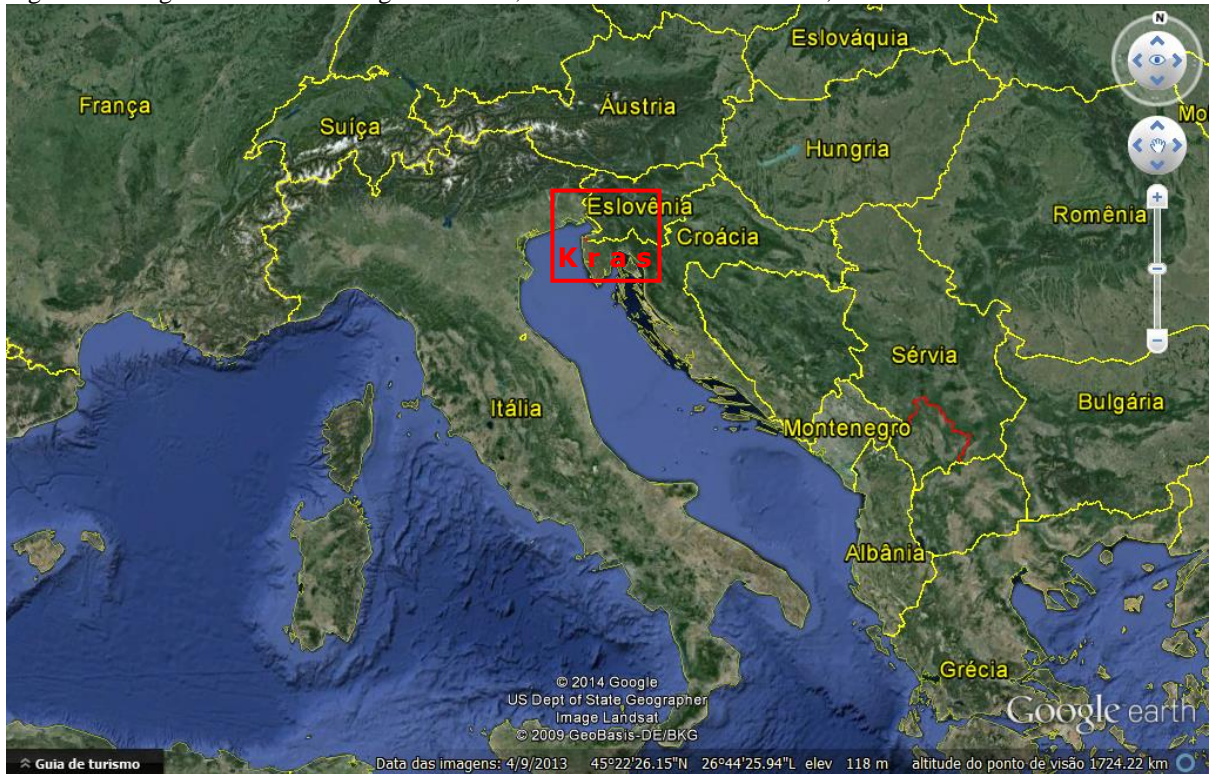
Quanto à delimitação prática da área de influência de uma cavidade natural subterrânea, a Resolução do CONAMA nº 347/2004 determina que, a área será estabelecida pelo órgão ambiental licenciador competente, que poderá exigir estudos específicos, às expensas do empreendedor. E nos casos em que ainda não se efetivou a definição da área de influência, ela “será a projeção horizontal da caverna acrescida de um entorno de duzentos e cinquenta metros, em forma de poligonal convexa” (CONAMA, 2004).

2.3- O que é o Carste e qual é a sua importância?

A ocorrência de cavernas se dá principalmente nos chamados terrenos cársticos, que são áreas com predominância de rochas (litologia) solúveis, como os calcários e dolomitos. Mas em outras áreas, que não as cársticas, também podem ocorrer cavernas. Segundo Figueiredo (2010), “o termo carste, ou feição cárstica, apesar de ser pouco comum para a maioria das pessoas, é uma palavra que vem cada vez mais sendo associada ao estudo ou à realização de atividades em cavernas”. A etimologia desse termo tem origem na palavra servo-croata *kras*, significando deserto de pedras ou terreno rochoso, que é derivado da

denominação local da região calcária situada no platô esloveno, envolvendo as fronteiras do norte da Itália e do noroeste da Croácia (FIGURA 3).

Figura 3 - Imagem de satélite da região do Kras, localizada entre a Eslovênia, Croácia e Itália.



Fonte: Google Earth, jul, 2014.

O termo *kras*, originalmente servo-croata, sofreu mudanças de pronúncias e grafias em outras localidades, *karst* em alemão, também na língua inglesa e francesa, *carso* em italiano e espanhol, e por fim a palavra *carste* como sendo a forma usada em português. A região que deu origem ao termo em questão, caracteriza-se por ser um terreno rochoso, apresentando feições de relevo típicos, formados pela dissolução das rochas pela água, como cavernas, dolinas, lapiás, dentre outros. Especialistas consideram essa região como o carste clássico, já que foi nessa área na segunda metade do século XIX, que pela primeira vez esse tipo de relevo foi descrito e estudado. A partir daí o termo *karst* se internacionalizou, passando a designar todas as regiões que apresentam feições semelhantes.

Desta forma, pode-se definir a paisagem cárstica como sendo bem peculiar, com características associadas às rochas carbonáticas (particularmente calcários e dolomitos), mas também pode se referir a paisagens similares em outras rochas solúveis, apresentando como processo principal de formação do relevo a dissolução da rocha através do tempo geológico. Se distinguindo da grande maioria das paisagens, que por sua vez são modeladas principalmente por processos erosivos. Além das cavernas, as paisagens cársticas também

apresentam outras formas próprias deste tipo de relevo, tais como: dolinas (depressões fechadas), vales cegos (vale que acaba abruptamente em um sumidouro), paredões, abrigos rochosos, lapiás (sucos, ranhuras e canais de dissolução na rocha), sumidouros (onde a drenagem superficial adentra para o meio subterrâneo através de condutos), relevo ruiforme, e outros. Destaca-se ainda, no relevo do carste o predomínio da drenagem subterrânea, com sistema de condutos ou fendas alargadas na rocha.

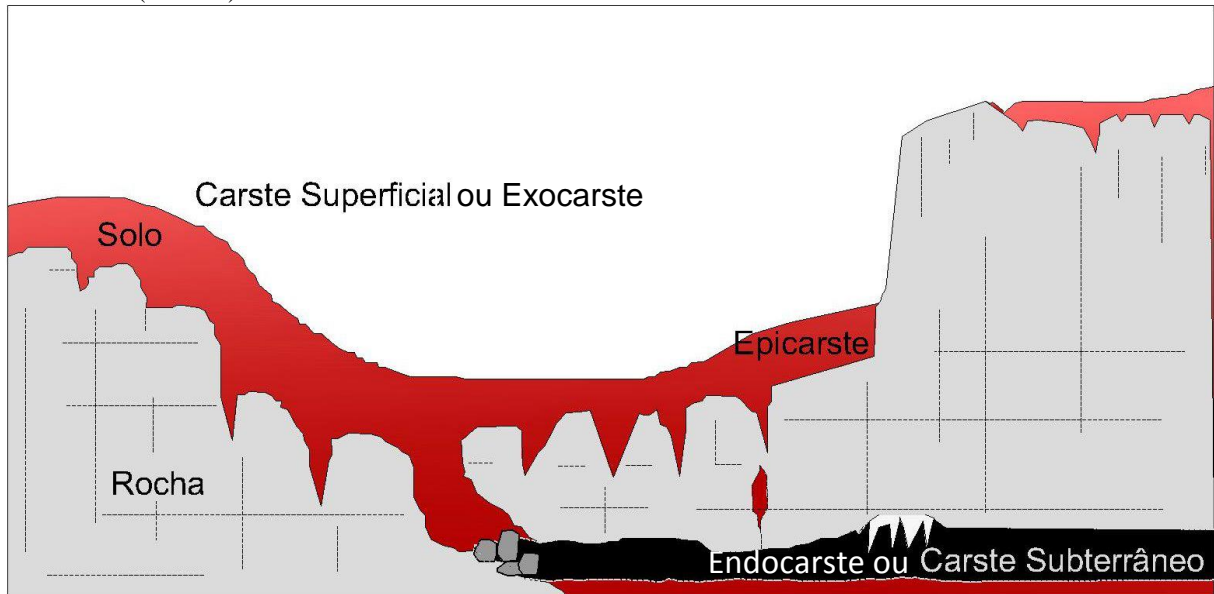
De acordo com Auler e Zogbi (2005), o processo básico que provoca a geração das formas cársticas em regiões calcárias pode ser sintetizado pela seguinte equação:



Na atmosfera, a água de chuva absorve dióxido de carbono (CO_2) e se torna ácida, formando o ácido carbônico (H_2CO_3). Na superfície, esta água ao entrar em contato com a rocha já é capaz de dissolver o calcário. Ao penetrar no solo, esta mesma água absorve ainda mais dióxido de carbono associado a raízes de plantas e ao húmus. Ao atingir a rocha no subsolo a água estará bastante ácida, com capacidade maior de dissolução do calcário e alargamento das fraturas da rocha.

Em linhas gerais, pode se compreender como sistema cárstico, o conjunto composto pelo exocarste, epicarste e endocarste (FIGURA 4). Denomina-se de exocarste ou carste superficial o ambiente externo do carste com formações superficiais geradas primordialmente pela ação química de águas meteóricas. O epicarste pode ser definido como à zona logo abaixo da superfície, englobando o contato entre o solo, quando existente, e a rocha calcária. O endocarste ou carste subterrâneo é constituído pelas cavidades naturais subterrâneas, geradas pela dissolução da rocha por águas subterrâneas.

Figura 4 - Perfil esquemático do sistema cárstico, compreendendo o carste superficial, o epicarste e o carste subterrâneo (caverna).



Fonte: Adaptado de Piló; Auler (2010, p.8)

O termo pseudocarste vem sendo utilizado por alguns autores para designar feições de relevo tipicamente cársticas (cavernas, dolinas, etc.), em ambientes que não se configuram propriamente como carste, principalmente em regiões de litologias não calcárias. Pode se citar como exemplos de pseudocarste, conforme Piló e Auler (2010), as depressões do tipo doliniformes e cavernas da Serra dos Carajás, no sudeste do Pará, desenvolvidas em rochas ferríferas (minério de ferro e canga), e as rochas silicatadas (particularmente os quartzitos e arenitos) na região quartzítica do Roraima venezuelano e na região do Parque Estadual do Ibitipoca, em Minas Gerais.

A definição do termo “carste” não se restringe apenas a formas de relevo em rochas carbonáticas, pois rochas de natureza diferentes como sedimentares detríticas e vulcânicas também podem apresentar processos e evolução morfológica semelhantes à das rochas calcárias. (GUARESCHI; NUMMER, 2010, p.191)

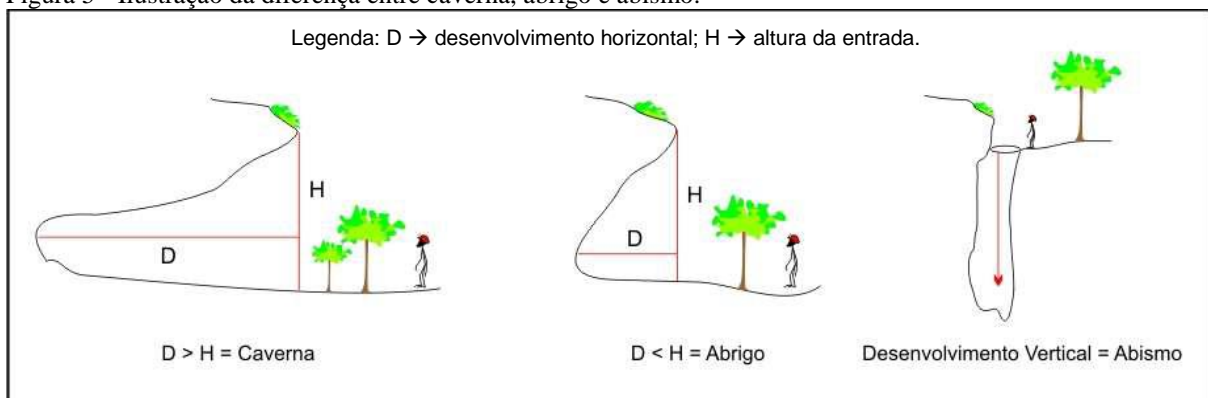
2.4- Geoespeleologia

De acordo com Karmann (2002) a espeleologia geológica, ou simplesmente *geoespeleologia* (estudo geológico de cavernas) constitui-se pela “descrição física e o estudo geológico dos espaços subterrâneos das cavernas e do seu conteúdo” (objetivos da espeleologia física). O trabalho de diagnóstico geoespeleológico busca entender os processos relacionados à gênese e desenvolvimento das cavernas, bem como a dinâmica de circulação de matéria dentro de ambientes subterrâneos, através da análise dos atributos físicos das

cavernas e do ambiente onde estão inseridas. Na área da geoespeleologia, a *espeleogênese* (estudo da formação de cavernas) constitui-se como o conjunto de processos responsáveis pela origem e desenvolvimento de cavernas.

O Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), do governo federal brasileiro, em seus trabalhos desenvolvidos sobre a *Identificação de cavidades naturais subterrâneas – suporte técnico ao processo de licenciamento* e o *Projeto Inventário Anual do Patrimônio Espeleológico Nacional – Rotina de procedimentos associados à coleta de dados relativos à localização de cavidades*, para classificar as cavidades naturais subterrâneas quanto a sua tipologia, adota algumas padronizações seguindo as mesmas definições utilizadas pela União Internacional de Espeleologia (UIS). Desta forma, destaca-se inicialmente nas classificações, a importância da diferença existente entre caverna, abrigo e abismo. A seguir na FIGURA 5 as ilustrações do CECAV apresentam de forma didática a diferença entre esses tipos de cavidades naturais subterrâneas. Considera-se como *caverna*, quando o desenvolvimento horizontal da cavidade (simbolizado na ilustração pela letra D) é maior que a altura da entrada (simbolizado na ilustração pela letra H). No entanto, quando o desenvolvimento horizontal da cavidade (simbolizado por D) for menor que a sua altura da entrada (simbolizado por H) denomina-se como *abrigo*. Já o *abismo* é identificado quando o desenvolvimento da cavidade é predominantemente vertical. “Partindo desse entendimento todos os outros termos encontrados para defini-la [cavidade natural subterrânea] são sinônimos destes, regionalismo, tais como gruta, lapa, toca, furna, gruna, etc” (CECAV-ICMBio, 2010 b, p. 03).

Figura 5 - Ilustração da diferença entre caverna, abrigo e abismo.



Fonte: Adaptado de CECAV-ICMBio (2010 b, p. 03)

Para Palmer (2006) existem muitas variedades de cavernas, que se diferenciam em sua origem e aparência, e as classificações dessas cavidades tem se configurado como

informais e flexíveis. Segundo ele, as cavernas são mais frequentemente agrupadas por origem, e “uma complexidade é que muitas cavernas têm uma origem composta, ou a sua origem pode ser incerta”. Também podem ser agrupadas de acordo com o tipo de rocha hospedeira (por exemplo: calcário, granito, etc.). Em outras abordagens, a forma de uma caverna é o aspecto mais evidenciado, sendo descritas como fenda ou abrigo, independentemente da sua origem ou tipo de rocha (como por exemplo na arqueologia). “Qualquer ou todos estes esquemas de classificação podem ser usados da maneira que melhor se adequa ao propósito” (PALMER, 2006, p. 01, tradução nossa).

Os principais tipos de cavernas agrupadas principalmente por origem, segundo Palmer (2006) em seu livro *Cave Geology* (tradução livre, Geologia de Cavernas), são:

- 1-*Volcanic caves* ou *lava caves* (cavernas vulcânicas ou cavernas de lava);
- 2-*Talus caves* ou *boulder caves* (cavernas de tálus ou cavernas pedregulho);
- 3-*Framework caves* (cavernas de armação, tufa, recifes);
- 4-*Glacier caves* e *ice caves* (cavernas de geleira e cavernas de gelo);
- 5-*Shelter caves* (cavernas abrigo);
- 6-*Solution caves* ou *dissolution caves* (cavernas de solução ou cavernas de dissolução);
- 7-*Crevice caves*, *fissure caves*, e *tectonic caves* (cavernas de fenda, cavernas de fissura, e cavernas tectônicas);
- 8-*Erosion caves* (cavernas de erosão); 8.1-*Wave-cut caves*, *sea caves* ou *littoral caves* (cavernas entalhadas por ondas, cavernas marinhas ou cavernas litorâneas); 8.2-*Honeycomb weathering* ou *Tafoni* (colmeia, alvéolo de intemperismo ou tafoni); 8.3-*Stream-cut caves* (cavernas esculpidas por correntezas); 8.4-*Piping caves* (cavernas de tubulação, canalização).

Ainda sobre os tipos de cavernas, Palmer (2006) explica que alguns geólogos falam de cavernas primárias e secundárias. Sendo as cavernas primárias, aquelas que se formaram ao mesmo tempo em que a rocha hospedeira, citando como exemplos as *framework caves*, e a maioria das *lava caves*. Os demais tipos de cavernas são consideradas secundárias, porque se formaram mais tarde do que a rocha hospedeira.

Compartilhando da mesma concepção, Auler e Piló (2010) consideram que as cavidades naturais subterrâneas podem ser classificadas quanto ao momento de sua formação em relação à rocha circundante, como primárias ou secundárias. Para eles, as cavernas primárias são formadas concomitantemente com a estrutura rochosa que as envolve. Os melhores exemplos de cavernas primárias são os tubos de lava e as cavernas em tálus. Enquanto as cavernas secundárias são aquelas que se originam somente após a formação do

conjunto rochoso que as contém. As secundárias abrangem a grande maioria das cavernas conhecidas, destacando-se dentre elas as cavernas cársticas. Segundo Auler e Piló (2010), os principais tipos de cavernas agrupadas conforme a sua origem são:

- 1-Cavernas de tubos de lava (cavernas primárias)
- 2-Cavernas em tálus (cavernas primárias)
- 3-Cavernas tectônicas (cavernas secundárias)
- 4-Cavernas cársticas (cavernas secundárias)
- 5-Cavernas de erosão (cavernas secundárias): 5.1-litorânea ou marinha; 5.2- tafoni; 5.3- erosão lateral de rios ou fluvial; e 5.4- ação dos ventos ou eólica.

Mesmo diante da significativa variedade de cavernas, e da informalidade e flexibilidade das classificações existentes, pode se destacar alguns grupos distintos de cavidades, principalmente quanto às formas de ação de espeleogênese na rocha encaixante. Com base nos estudos do conjunto da literatura utilizada neste trabalho de pesquisa, destaca-se a descrição dos seguintes tipos de cavidades naturais subterrâneas:

Tudos de lava, cavernas vulcânicas, ou cavernas de lava

São cavernas formadas por lavas vulcânicas que se solidificam na superfície terrestre, originando cavidades com formato de tubos. Isso ocorre, quando as lavas provenientes de atividades vulcânicas, descem por gravidade como se fossem rios de lava, resfriam-se em contato com a atmosfera, transformando a lava mais superficial em uma capa rochosa (crosta), e com a contínua diminuição do fluxo da lava vulcânica, abaixo desta capa e maior arrefecimento, formam-se posteriormente tubos vazios por onde antes passam os rios de lava subterrâneos (FIGURA 6).

As cavernas vulcânicas são mais comuns nos flancos de picos vulcânicos que são continuamente ou periodicamente ativos, ou que deixaram de ser ativos dentro dos últimos milhares de anos. Existem registros de ocorrências de tubos de lava no Havaí (onde quase todas as cavernas são vulcânicas), Estados Unidos, Quênia, Ilhas Canárias, Açores e Cabo Verde. Por não apresentar essas condições geológicas típicas para ocorrência desta categoria de cavidade, o Brasil configura-se como não tendo nenhum registro oficial de cavernas de tubo de lava.

Figura 6 - Fotos ilustrativas de tubos de lava.



Fonte: Fotos obtidas na Internet^{1 2}

¹ Foto da Valentine Cave, em Lava Beds National Monument, Califórnia - EUA. Disponível no site: <http://en.wikipedia.org/wiki/Lava_tube#mediaviewer/File:Valentine_Cave.JPG> (Acesso em 07/06/2014).

² Foto da Thurston Lava Tube, em Hawaii Volcanoes National Park, Havaí - EUA. Disponível no site: <http://en.wikipedia.org/wiki/Lava_tube#mediaviewer/File:Thurston_Lava_Tube> (Acesso em 07/06/2014).

Cavernas em tálus ou cavernas pedregulho

Consistem em espaços vazios entre blocos de rochas nas pilhas de tálus. Define-se como *tálus* as áreas de depósito de desmoronamentos de grandes proporções, que se acumulam nas bases dos penhascos ou encostas íngremes, ocorrendo principalmente com rochas de granito, gnaiss, quartzito e minério de ferro. Nesses tálus registra-se a ocorrência de espaços vazios interconectados existentes entre os blocos caídos, formando as cavidades naturais subterrâneas, muitas vezes se assemelhando a labirintos complexos (FIGURA 7). “Algumas das maiores cavernas graníticas do país são na verdade cavernas em tálus, como a Gruta do Quarto Patamar na Serra de Paranapiacaba em São Paulo” (AULER; PILÓ, 2010, p.26). Segundo informações do Instituto Cearense de Ciências Naturais (ICCN) existem ocorrências de cavernas em tálus no Ceará, nos municípios de Quixadá e Maranguape (XIMENES, 1998).

Figura 7 - Fotos ilustrativas de cavernas em tálus.



Fonte: Fotos obtidas na Internet^{3 4 5}

³ Foto de uma caverna em tálus, em New Hampshire - EUA. Disponível no site: <<http://www.danbalogh.com/nh-morgan.html>> (Acesso em 07/06/2014).

Cavernas de fenda, cavernas de fissura e cavernas tectônicas

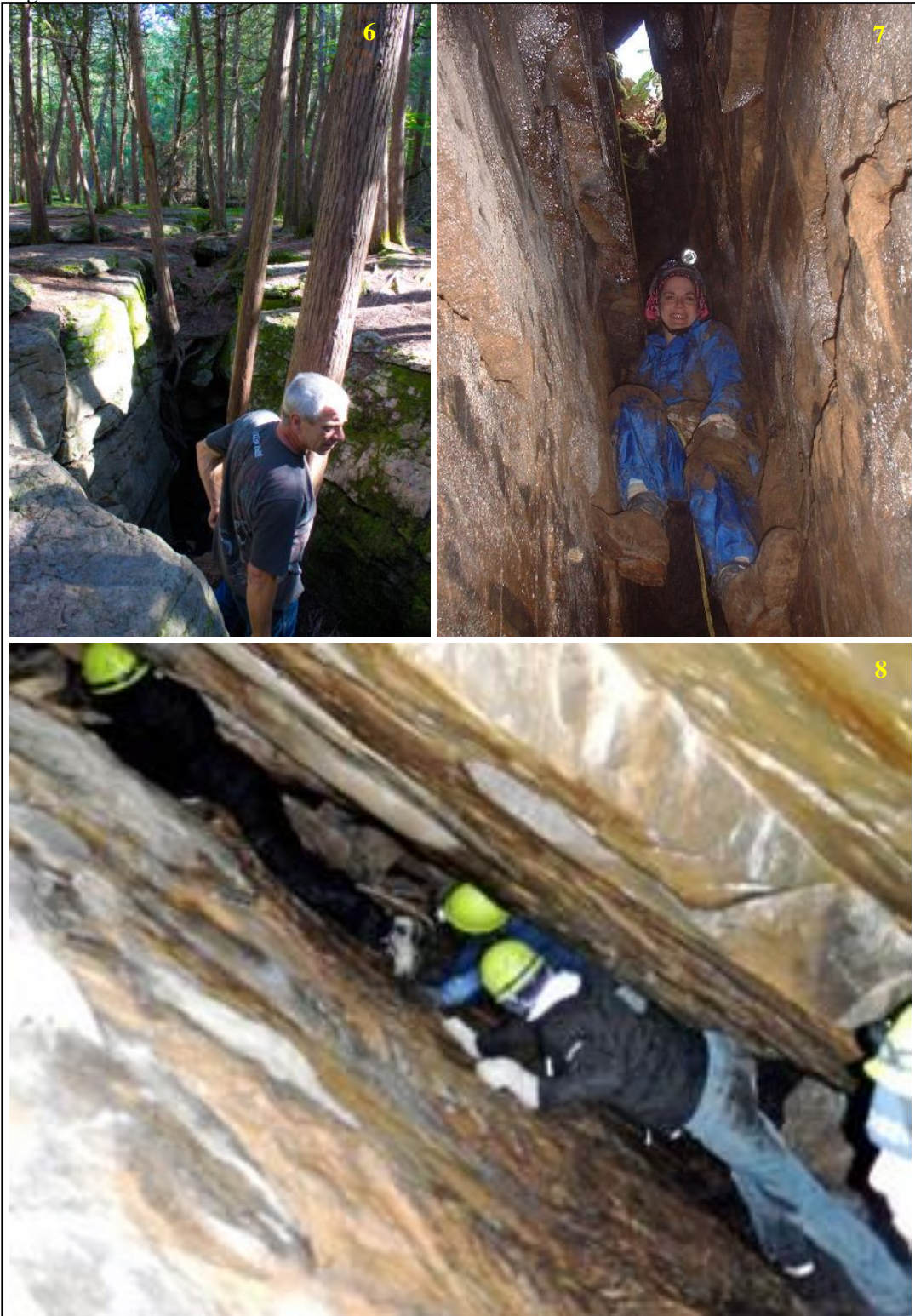
Segundo Palmer (2006, p.6), as cavernas de fenda ou cavernas de fissura “são rachaduras alargadas, ou redes de fissuras, produzidas por tensões na crosta terrestre ou por deslizamento gravitacional de maciços rochosos perto da superfície em montanhas íngremes”. O mesmo autor ressalta que, essas cavernas às vezes são chamadas de cavernas tectônicas, embora nem todas sejam formadas por processos tectônicos (deformação generalizada de rocha por tensões internas) (PALMER, 2006).

Muitas cavernas de fenda se desenvolveram em consequência de uma combinação de processos de espeleogênese, principalmente destaca-se a ampliação das fendas por ação de dissolução das rochas. Em geral essas cavernas têm como características longas passagens estreitas e profundas, com paredes quase paralelas e pisos irregulares formadas por rochas caídas (FIGURA 8).

⁴ Foto de uma caverna em tálus, localização não identificada. Disponível no site: <<http://www.cave-exploring.com/Cave%20Types.htm>> (Acesso em 07/06/2014).

⁵ Foto de uma caverna em tálus, no Pinnacles National Park, Califórnia - EUA. Disponível no site: <http://www.americansouthwest.net/california/pinnacles-nps/bear-gulch-cave2_1.html> (Acesso em 07/06/2014).

Figura 8 - Fotos ilustrativas de cavernas de fenda.



Fonte: Fotos obtidas na Internet ^{6 7 8}

⁶ Foto de uma caverna de fenda, em Warsaw Caves Conservation Area and Campground, Ontario - Canadá. Disponível no site: <<http://freshairphotoblog.com/tag/warsaw-caves/>> (Acesso em 07/06/2014).

⁷ Foto de uma caverna aparentemente tectônica, em Pendleton County, West Virginia - EUA. Disponível no site: <<http://www.psc-cavers.org/articles/PendletonCountyApril2002.html>> (Acesso em 07/06/2014).

⁸ Foto de uma caverna de fissura, em Parc Montagne du College, Quebec - Canadá. Disponível no site: <<http://getawaysforgrownups.com/quebec-underground/>> (Acesso em 07/06/2014).

Cavernas cársticas, cavernas de dissolução ou cavernas de solução

São cavernas formadas pela ação química da água subterrânea que provoca dissolução em rochas solúveis, ocorrendo principalmente nas rochas carbonáticas, como calcário e dolomito. A água subterrânea aumenta quimicamente as aberturas na rocha e transporta para fora o material dissolvido, o fluido que causa o processo de dissolução denomina-se solução. Conforme Palmer (2006), essas cavernas são as que atraem o maior interesse dos cientistas e exploradores, porque elas são as maiores, mais comuns, mais variadas, fornecem muitas informações sobre o histórico geológico local e estão intimamente relacionadas com o movimento das águas subterrâneas (FIGURA 9 e 10). Para Auler e Piló (2010) esse tipo de caverna compõe a grande maioria das cavernas classificadas como de origem secundária.

Uma caverna de solução típica tem um padrão de ramificação como a de um rio. Este padrão normalmente é complexo, devido aos vários níveis de desenvolvimento, alguns dos quais podem ser secos atualmente. [...] Algumas cavernas de soluções têm padrões labirínticos, com interseções de passagens e com salões irregulares, como os buracos em uma esponja. (PALMER, 2006, p.4, tradução nossa)

O termo *cavernas cársticas* é tradicionalmente utilizado para identificar as cavidades naturais subterrâneas que foram formadas pelo processo de dissolução (carstificação), essencialmente em rochas carbonáticas. Mas na atualidade, esse termo também vem sendo aplicado para caracterizar as cavernas em outras litologias, como rochas siliciclásticas (arenitos, quartzitos, conglomerados) e em minério de ferro, que sofrem dissolução. São alguns exemplos de cavernas cársticas: Mammoth Cave em Kentucky, nos Estados Unidos, considerada a maior caverna do mundo em extensão, com mais de 643 km (USA); Toca da Boa Vista, no estado da Bahia, maior caverna do Brasil com cerca de 107 km (SBE); e Gruta de Ubajara no estado do Ceará, maior caverna cearense com mais de 1.120 m (ICMBio).

Figura 9 - Fotos ilustrativas de cavernas cársticas.

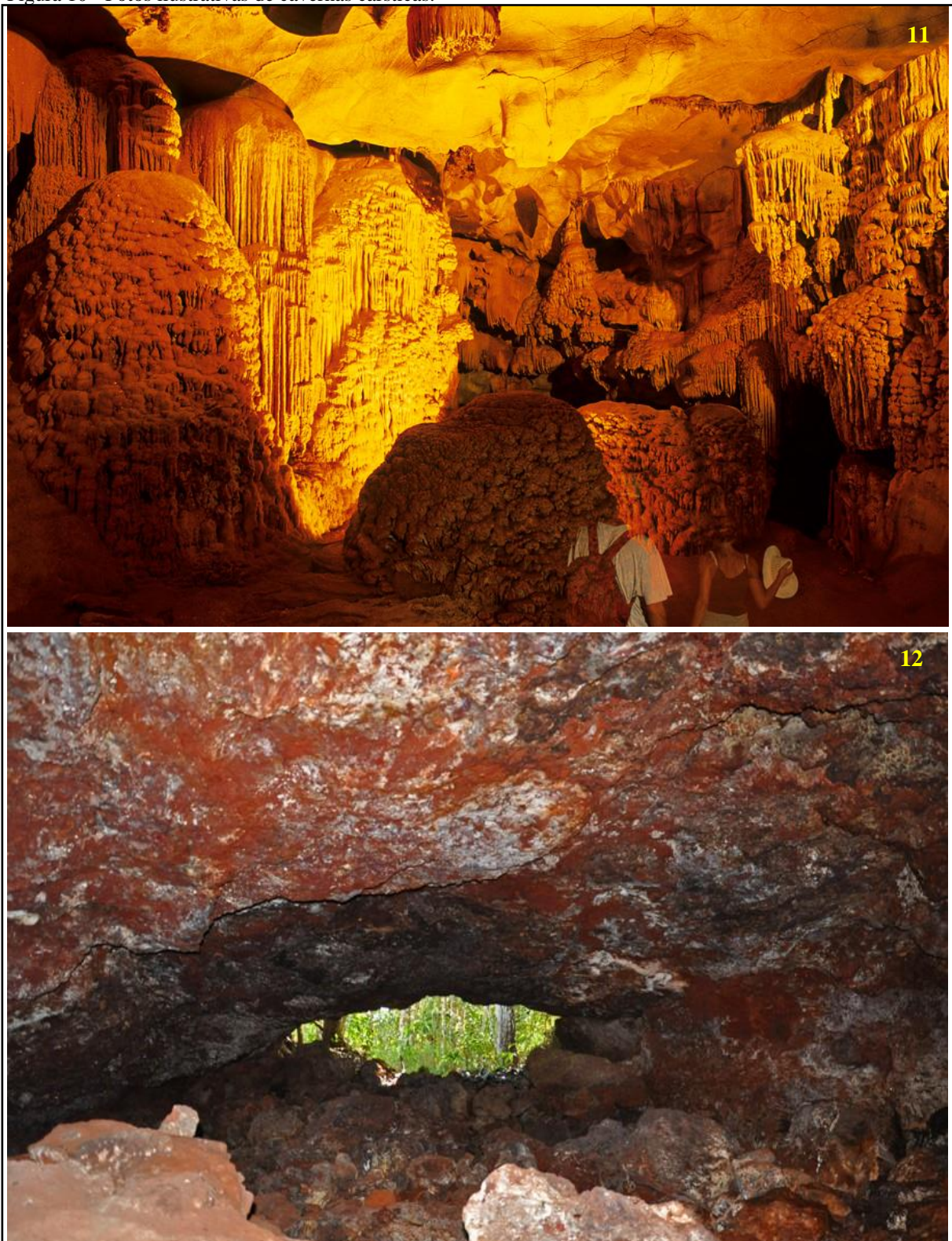


Fonte: Fotos obtidas na Internet ^{9 10}

⁹ Foto da Mammoth Cave, no Mammoth Cave National Park, Kentucky - EUA. Disponível no site: <http://www.1000lonelyplaces.com/tourist-destination/north-american-tourist-destinations/mammoth-cave-kentucky-usa-worlds-longest-cave-system/> (Acesso em 07/06/2014).

¹⁰ Foto da Toca da Boa Vista, em Campo Formoso, Bahia - Brasil. Disponível no site: <http://www.esmeraldanoticias.com.br/noticias/toca-da-boa-vista-em-2012-serao-25-anos-de-descoberta/> (Acesso em 07/06/2014).

Figura 10 - Fotos ilustrativas de cavernas cársticas.



Fonte: Fotos obtidas na Internet ^{11 12}

¹¹ Foto da Gruta de Ubajara, no Parque Nacional de Ubajara, Ceará - Brasil. Disponível no site: <<http://renatogrimm.com/bemtevi/parque-nacional-de-ubajara/>> (Acesso em 07/06/2014).

¹² Foto de uma caverna em minério de ferro, em Carajás, Pará - Brasil. Disponível no site: <<http://www.paramazonia.com.br/portal/energia-industria/carajas/carajas.htm>> (Acesso em 07/06/2014).

Cavernas de erosão

Consideradas por Auler e Piló (2010) quanto à origem como cavernas secundárias. As cavernas de erosão são cavidades naturais subterrâneas que se formam por ação de diferentes de agentes que atuam provocando a erosão, de fora para dentro do maciço rochoso. Quanto aos vários gêneros existentes de agentes, que atuam na ação de erosão mecânica na formação de cavidades, as cavernas de erosão podem ser categorizadas em diversos tipos, em que se destaca: Cavernas de erosão de ondas; Cavernas de tafone; Cavidades de erosão de correnteza; Cavidades de erosão de ventos; Cavidades de tubulação (*Piping caves*).

Cavernas de erosão de ondas

As cavernas de erosão de ondas são cavidades formadas pela ação erosiva das ondas do litoral, elas também são conhecidas como *cavidades marinhas* ou *cavernas litorâneas* (FIGURA 11 e 12). A maioria está localizada onde as ondas convergem, de modo que sua força erosiva está concentrada em pequenas áreas da costa. Por esta razão, promontórios salientes são favoráveis para cavernas.

Como exemplo de cavernas marinhas, pode-se citar a famosa Gruta de Fingal, localizada na ilha de Staffa, no arquipélago de Hébridas na Escócia. De acordo com Palmer (2006), a Gruta de Fingal serviu de inspiração para uma das melhores obras orquestrais do compositor clássico alemão Mendelssohn, que compôs em 1830 o concerto sinfônico conhecido como *As Hébridas* ou *A Gruta de Fingal*.

Segundo Auler e Piló (2010), as cavernas litorâneas são bastante frequentes em todo o litoral brasileiro, como nos basaltos de Torres-RS, ou a Gruta que Chora, em Ubatuba-SP. Existem também no litoral do estado do Ceará, significativos indícios de ocorrência desse tipo de caverna, como na praia da Taíba no município de São Gonçalo do Amarante.

Figura 11 - Fotos ilustrativas de cavernas de erosão de ondas.

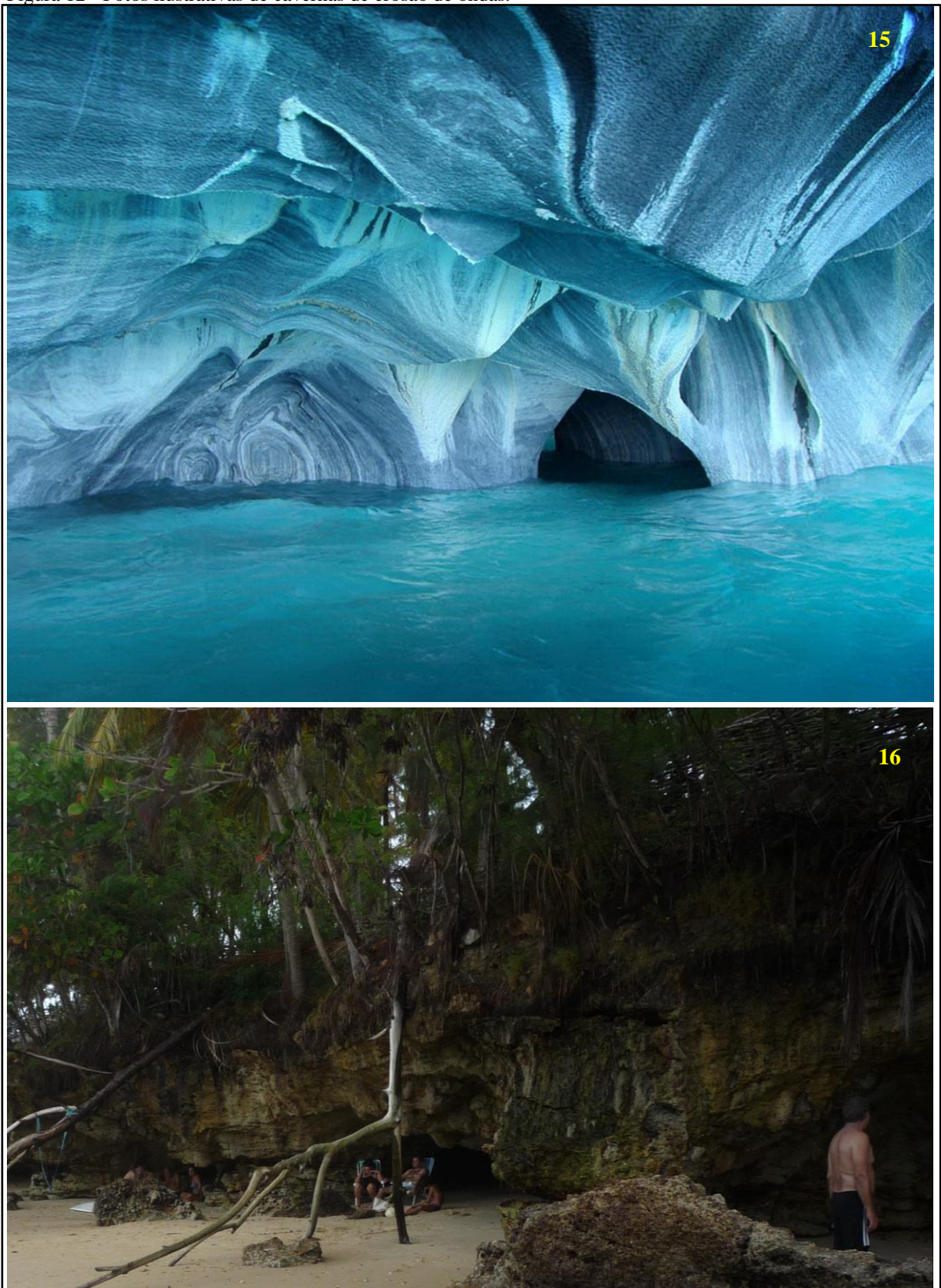


Fonte: Fotos obtidas na Internet ^{13 14}

¹³ Foto da Gruta de Fingal, na ilha de Staffa, arquipélago de Hébridas - Escócia. Disponível no site: <<http://www.panoramio.com/photo/15861525>> (Acesso em 07/06/2014).

¹⁴ Foto da Benagil Sea Cave, na região do Algarve - Portugal. Disponível no site: <<http://www.pinterest.com/pin/435019645227881263/>> (Acesso em 07/06/2014).

Figura 12 - Fotos ilustrativas de cavernas de erosão de ondas.



Fonte: Foto obtida na Internet ¹⁵ e Foto do autor ¹⁶

¹⁵ Foto da Caverna Capela de Mármore (Marble Chapel Cave), na Patagonia - Chile. Disponível no site: <http://www.polopixel.com/2013/12/6200-years-old-marble-chapel-caves.html> (Acesso em 07/06/2014).

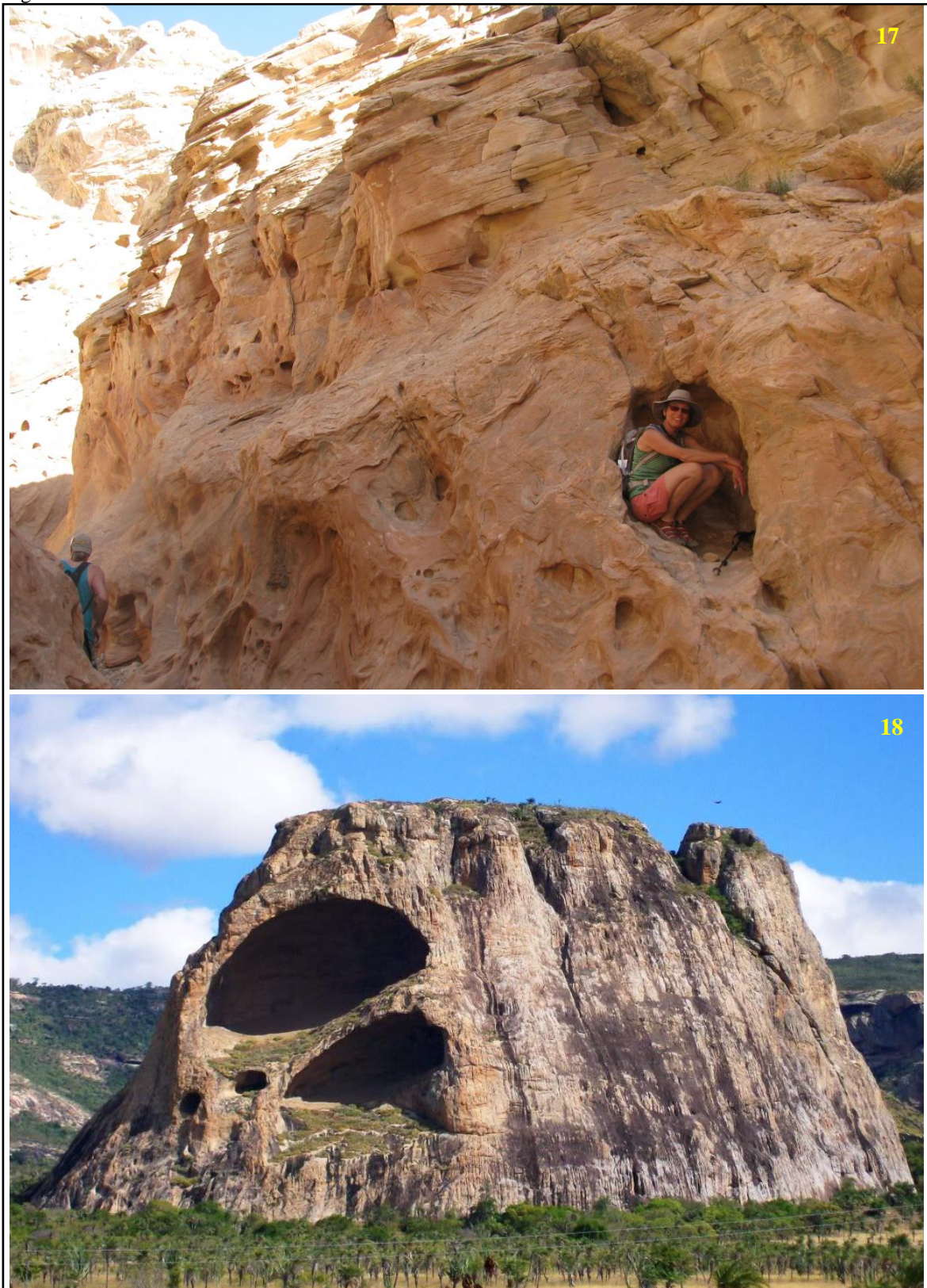
¹⁶ Foto de grutas na praia da Taíba, no município de São Gonçalo do Amarante, Ceará - Brasil.

Cavernas de tafone

De acordo com Auler (2007) os *tafoni* (forma plural da palavra de origem corsa *tafone*) são orifícios circulares (alveolares) que ocorre em diversos tipos de rocha, principalmente em rochas pouco solúveis (ex: granitos e arenitos), predominando em zonas áridas e semi-áridas (FIGURA 13 e 14). Sua gênese está associada à ação física do intemperismo no maciço rochoso. Segundo Bigarella *et al.* (1994 *apud* MOREIRA, 2008) os *tafoni* são formas de “intemperismo cavernoso”, originado pelo esvaziamento localizado de material desagregado, formando uma cavidade de tamanhos irregulares, ocorrendo em vertentes íngremes, verticais ou pendentes (negativas). Os *tafoni* também são denominados de intemperismo alveolar ou colmeia de intemperismo.

A literatura pesquisada relata que, a maioria dos *tafoni* não pode ser considerada como caverna, pois são demasiadamente rasos. Mas na região de Milagres-Itatim na Bahia, o Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas registrou a ocorrência de *tafoni* de grandes dimensões. “Estes *tafoni* estão, indubitavelmente, entre os maiores do mundo. Alguns chegam a possuir mais de uma centena de metros de largura e mais de uma dezena de altura e comprimento” (AULER, 2007). Também no sertão do estado do Ceará, existem significativos indícios de ocorrência de caverna de *tafone*, destacando principalmente o município de Quixadá, com os seus emblemáticos monólitos.

Figura 13 - Fotos ilustrativas de cavernas de tafone.

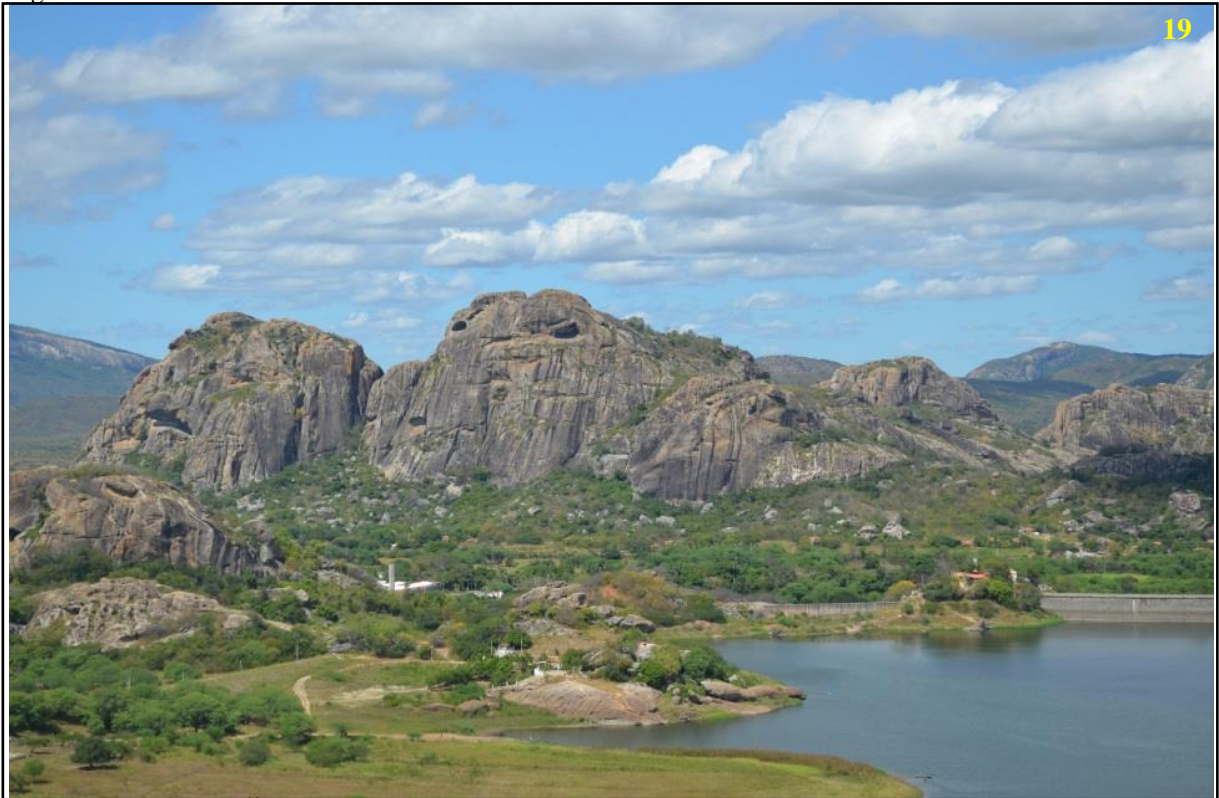


Fonte: Fotos obtidas na Internet^{17 18}

¹⁷ Fotos de cavidades de tafone (tafoni), no deserto de Utah - EUA. Disponível no site: <https://arches.wordpress.com/tag/tafoni/> (Acesso em 07/06/2014).

¹⁸ Fotos de cavernas de tafone, em Itatim, Bahia - Brasil. Disponível no site: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=780006&page=460> (Acesso em 07/06/2014).

Figura 14 - Fotos ilustrativas de cavernas de tafone.



Fonte: Fotos do autor ¹⁹

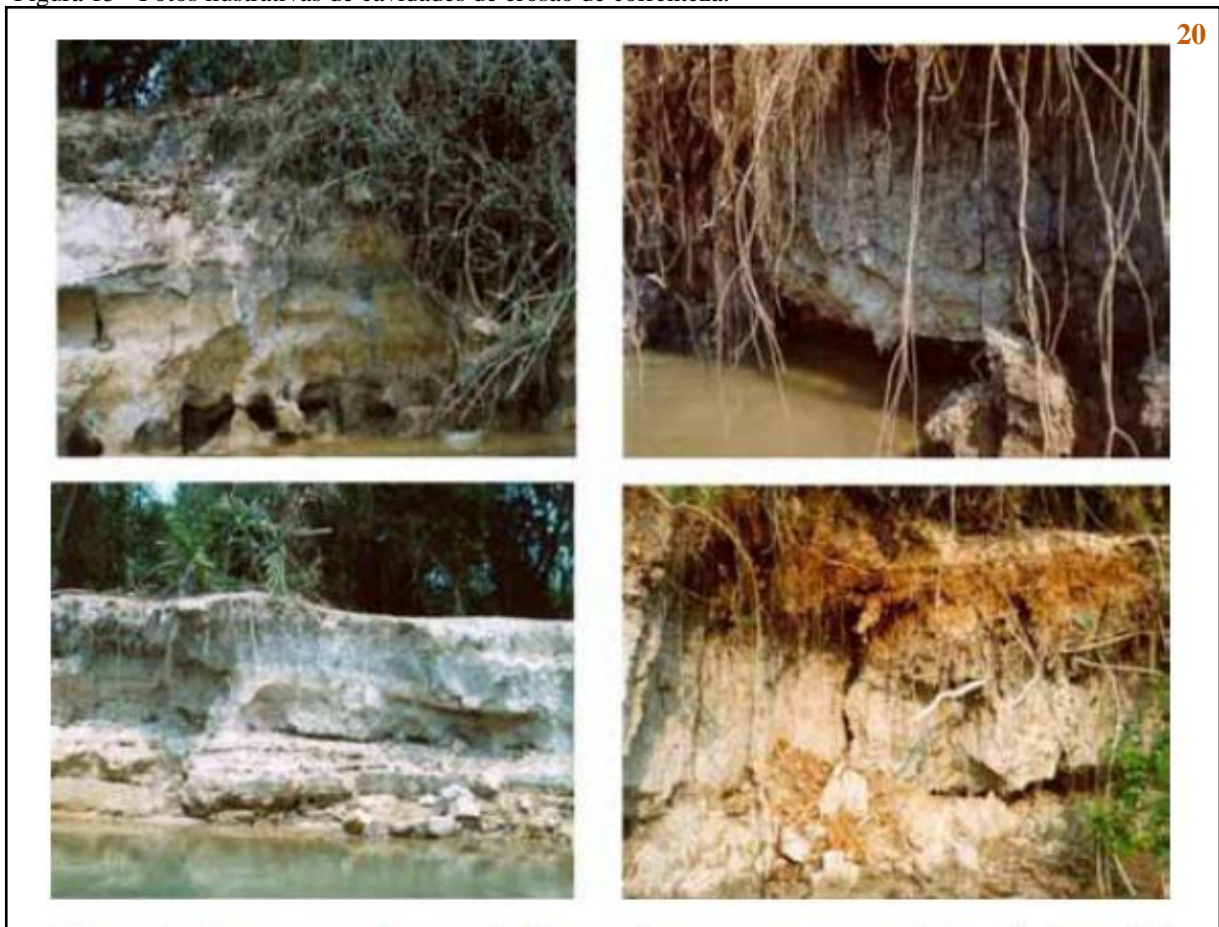
Cavidades de erosão de correntezas

São cavidades naturais subterrâneas formadas pela erosão mecânica de águas correntes (PALMER, 2006). Em geral, esse processo erosivo se desenvolve devido aos grãos de sedimentos transportados pela água em movimento que promovem a escavação e ou alargamento de cavidades, processo que se difere da dissolução das rochas (carstificação) (FIGURA 15).

Segundo Auler e Piló (2010), considera-se como exemplo desse tipo de caverna, os abrigos gerados por erosão lateral de rios. “São normalmente de reduzidas dimensões e em litologia variada, estando descritas em vários locais do Brasil”.

¹⁹ Foto de monólito com várias cavidades de tafone, no município de Quixadá, Ceará - Brasil.

Figura 15 - Fotos ilustrativas de cavidades de erosão de correnteza.



Fonte: Fotos obtidas na Internet ²⁰

Cavernas de erosão de ventos

Existem cavidades naturais subterrâneas que se desenvolvem com a ação da erosão mecânica dos ventos (eólica), sendo comumente encontradas em áreas desérticas e semi-áridas (FIGURA 16). Como exemplo da ação erosiva dos ventos na constituição de cavidades, pode-se citar a famosa e bela formação arenítica do Antelope Canyon, no Arizona, Estados Unidos. No Brasil, segundo Auler e Piló (2010), até o presente momento, ainda não tem registro deste tipo de caverna.

²⁰ Fotos de cavidades de erosão de correnteza, no curso superior do rio Paraguai, em Cáceres, Mato Grosso - Brasil. Disponível no site: <<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=780006&page=460>> (Acesso em 07/06/2014).

Figura 16 - Fotos ilustrativas de cavernas de erosão de ventos.



Fonte: Fotos obtidas na Internet ²¹

²¹ Fotos de cavidades de erosão de ventos, no Antelope Canyon, Arizona - EUA. Disponível no site: <http://www.tudointeressante.com.br/2013/12/as-15-cavernas-mais-incriveis-do-mundo-e-que-voce-deve-conhecer.html> e <http://jp-lugaresfantasticos.blogspot.com.br/2011/09/antelope-canyon-arizona-eua.html> (Acesso em 07/06/2014).

Cavidades de tubulação (*Piping caves*)

Segundo Palmer (2006), as *piping caves* tem o seu processo de formação também conhecido como *suffosion*. Elas são cavidades naturais subterrâneas que se formam quando o solo solto situado sobre um substrato de calcário fissurado tem os seus sedimentos gradualmente carreados através destas fissuras e em cavernas situadas abaixo, devido à ação da chuva e fluxos de água. Na paisagem configura-se com uma depressão (dolina) de subsidência, mas que se difere das dolinas de colapso de cavernas (FIGURA 17).

Figura 17 - Desenho e fotos ilustrativas de cavidades de tubulação.



Fonte: Fotos e ilustração obtidos na Internet ^{22 23 24}

²² Foto de uma cavidade de *suffosion*, em Picher, Oklahoma - EUA. Disponível no site: <https://ahmadalikarim.wordpress.com/tag/suffosion-process/> (Acesso em 07/06/2014).

²³ Foto de uma cavidade de *suffosion*, localização não identificada. Disponível no site: http://www.cavites.fr/definitions_instabilite.asp (Acesso em 07/06/2014).

²⁴ Ilustração da formação de uma cavidade de *suffosion*. Disponível no site: <http://en.wikipedia.org/wiki/Suffosion> (Acesso em 07/06/2014).

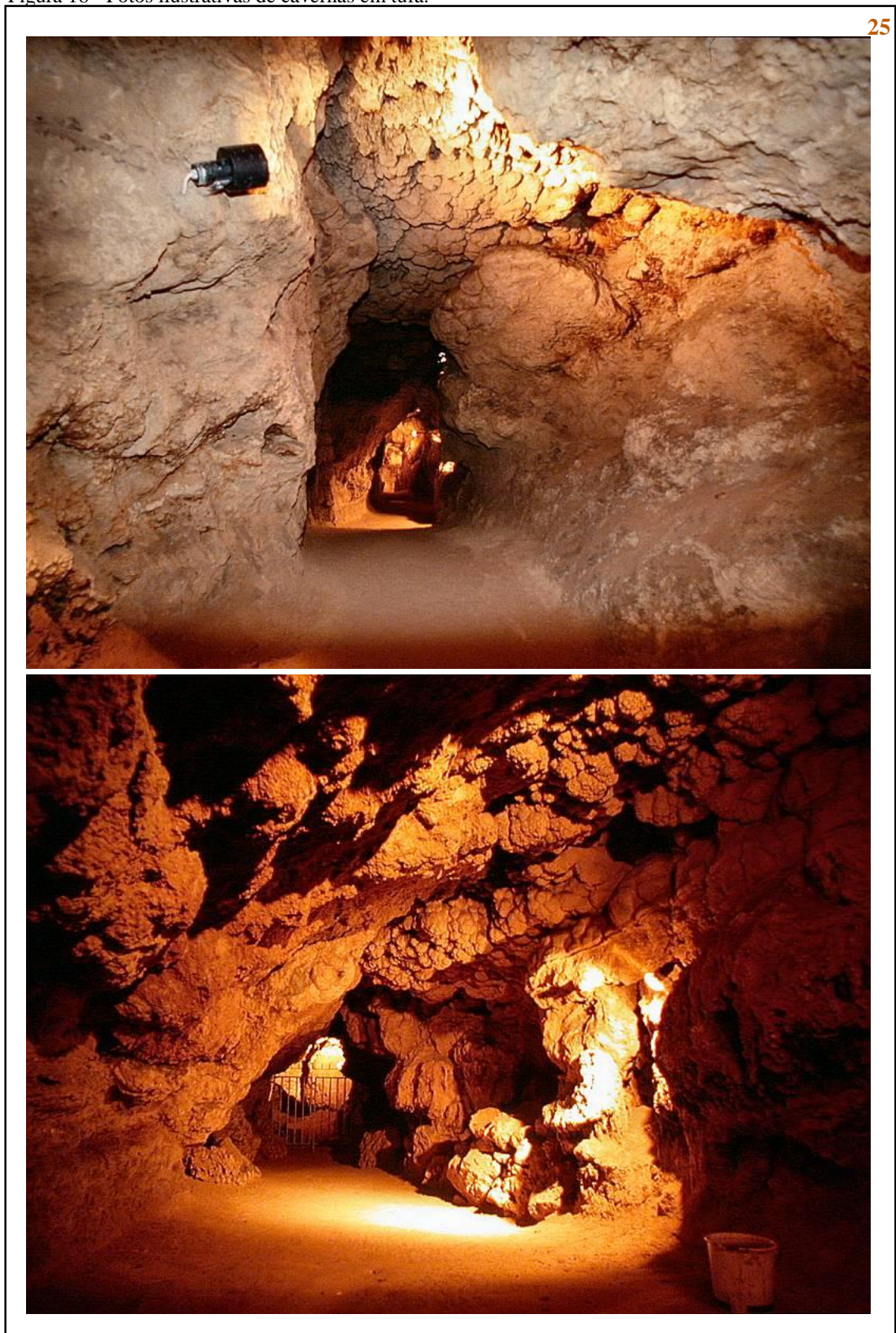
Cavernas em Tufa

Trata-se de um processo de espeleogênese atípico. Ao contrário das demais cavernas, que se originam pela formação de buracos no interior das rochas, através da dissolução e/ou remoção de sedimentos, essas cavidades são geradas pelo acúmulo de material, crescimento de tufas ao redor de espaços (FIGURA 18). Conforme Sallun Filho *et al.* (2011), no Brasil os termos tufa, tufa calcária, tufo, tufo calcário e travertino são utilizados para denominar os sedimentos carbonáticos continentais associados a drenagens fluviais, sendo que publicações mais recentes vêm utilizando com maior frequência o termo “tufa”.

Palmer (2006, p.7, tradução nossa) ao explicar as *Framework caves* (cavernas de armação) cita como exemplo o caso de que “muitos recifes contêm vazios internos rodeados de crescimento coral irregular” e que “fluxos de superfície alimentados por fontes de calcário pode depositar carbonato de cálcio como *tufa*, um tipo altamente poroso de calcário que se forma em água doce, e em cachoeiras o tufo pode crescer para fora como prateleiras ou copa para formar cavernas”

De acordo com Lobo e Boggiani (2013, p. 191), “na Serra da Bodoquena, em Mato Grosso do Sul, o processo de formação de tufas calcárias é tão intenso ao ponto de formar cavidades com dezenas de metros de desenvolvimento”, e pode-se citar ainda como exemplo a caverna do Rio Fria, no Vale do Ribeira no Estado de São Paulo.

Figura 18 - Fotos ilustrativas de cavernas em tufa.



Fonte: Fotos obtidas na Internet ²⁵

²⁵ Foto da caverna em tufa conhecida como Gruta de Olga - Alemanha. Disponível no site: <http://www.showcaves.com/english/de/showcaves/Olga.html> > (Acesso em 07/06/2014).

Cavernas de gelo e cavernas em geleiras

Comumente se confunde as cavernas de gelo com as cavernas em geleiras, mas existe significativa diferença entre essas cavidades.

Denomina-se de *cavernas de gelo*, as cavidades naturais subterrâneas formadas em rochas que, devido estarem localizadas em regiões muito frias (temperaturas abaixo de 0° C), apresentam congelamento da água e da umidade no interior da caverna (FIGURA 19), formando camadas de gelo inclusive com ocorrência de *icicles* (espeleotemas de gelo).

As *cavernas em geleira* ou *cavernas glaciares*, consideradas como cavernas atípicas, são formadas no gelo das geleiras (glaciares) e não nas rochas, como os demais tipos de cavernas (FIGURA 20). Segundo Palmer (2006), as cavernas glaciares constituem-se pela ocorrência de canais (túneis/galerias) dentro do gelo glacial, originados pela passagem da água de degelo que desce pelas fendas da geleira em direção ao leito rochoso subjacente, desenvolvendo cavidades verticais e horizontais. “A maioria das cavernas glaciares é tubular ou como *canyon*, e alguns contêm poços verticais”. Essas cavernas configuram-se como cavidades efêmeras ao longo do tempo, podem mudar de configuração ou desaparecer completamente devido ao degelo.

Figura 19 - Fotos ilustrativas de cavernas de gelo.

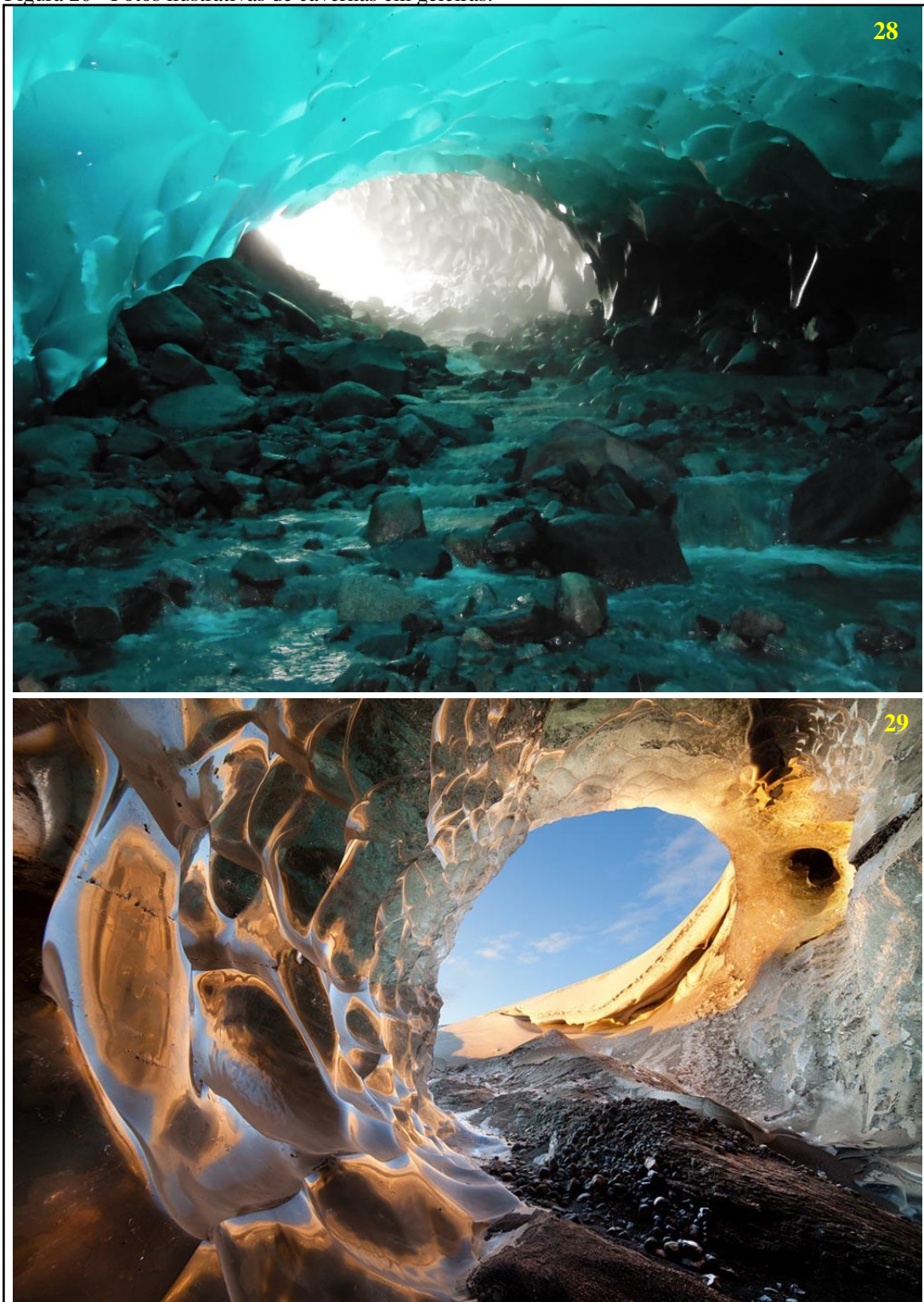


Fonte: Fotos obtidas na Internet ^{26 27}

²⁶ Foto da uma caverna de gelo, no Apostle Islands National Lakeshore, Wisconsin - EUA. Disponível no site: <http://www.livescience.com/43090-apostle-island-ice-cave.html> (Acesso em 07/06/2014).

²⁷ Foto da uma caverna de gelo, no Apostle Islands National Lakeshore, Wisconsin - EUA. Disponível no site: <http://online.wsj.com/news/articles/SB10001424052702303636404579397234263428394> (Acesso em 07/06/2014).

Figura 20 - Fotos ilustrativas de cavernas em geleiras.



Fonte: Fotos obtidas na Internet ^{28 29}

²⁸ Foto de uma caverna em geleira, no glaciador Mendehall, Alasca - EUA. Disponível no site: <http://i1.ytimg.com/vi/T2PY0Rbpfmw/maxresdefault.jpg> (Acesso em 07/06/2014).

²⁹ Foto da caverna de Skaftafell, no Parque Nacional Vatnajökull - Islândia. Disponível no site: <http://jp-lugaresfantasticos.blogspot.com.br/2013/06/caverna-de-gelo-skaftafell-islandia.html> (Acesso em 07/06/2014).

Shelter caves (cavernas abrigo)

De acordo com Palmer (2006), as *shelter caves* (cavernas abrigo), abrigos rochosos ou abrigos sob rocha constituem um agrupamento de caverna distinto das demais, que tendem a ser amplos e rasos, em que o tipo de rocha exata e processo de formação de caverna não tem tanta relevância (FIGURA 21). Os abrigos podem ser produzidos pelo intemperismo seletivo de rochas fracas sobrepostas por outras mais resistentes. Também podem se formar ao longo de zonas de fratura em rochas de outro modo uniforme, algumas curiosamente são escavados por animais de grande porte, como elefantes, que goiva (escava) e lambe as exposições de rochas solúveis devido seu teor de sal. Muitas cavernas abrigo serviram e ainda servem como casas para os animais e inclusive para os seres humanos. Esses abrigos vêm se revelando como preciosos locais de significativas descobertas arqueológicas.

Como exemplo Palmer (2006) apresenta as renomadas cavernas abrigo do Mesa Verde National Park, no Colorado nos Estados Unidos, que contêm construções de pedra do século XIII bem preservados do povo “Ancestral Pueblo”.

Figura 21 - Fotos ilustrativas de cavernas abrigo.



Fonte: Fotos obtidas na Internet ³⁰

³⁰ Foto de uma shelter caves, no Mesa Verde National Park, Colorado - EUA. Disponível no site: <http://www.istartedsomething.com/bingimages/#20130629-us> (Acesso em 07/06/2014).

Espeleotemas

No interior das cavernas é bastante frequente a presença de espeleotemas, constituindo-se como um elemento bem característico, que comumente ornamenta os ambientes cavernícolas. Espeleotemas, palavra de etimologia grega que significa “depósitos de cavernas” (*spelaiion* = caverna; *thema* = depósito), são todas as formações de concreções minerais (depósitos cristalinos) que se desenvolvem como resultado da sedimentação e cristalização de minerais dissolvidos na água, tipicamente encontrados no teto, chão e parede de cavidades naturais subterrâneas.

Conforme Auler e Piló (2010), os espeleotemas atribuem beleza às cavernas, abrangendo centenas de formas, desde as mais comuns, como estalactites (desenvolvem-se no teto), estalagmites (desenvolvem-se no chão), e colunas (junção de estalactites e estalagmites), até as formas mais raras encontradas em poucas cavernas, como as helictites (formações em que ocorre desenvolvimento não vertical). Apesar de terem sido identificados muitos tipos de minerais como formadores de espeleotemas, nas cavernas carbonáticas a grande maioria dos espeleotemas é constituída por apenas três minerais: calcita (CaCO_3), o mais frequente mineral de cavernas; aragonita (também CaCO_3 , porém com uma estrutura cristalina diferente) e gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). No interior das cavernas, os diferentes tipos de circulação de água dão origem a formas diversas de espeleotemas.

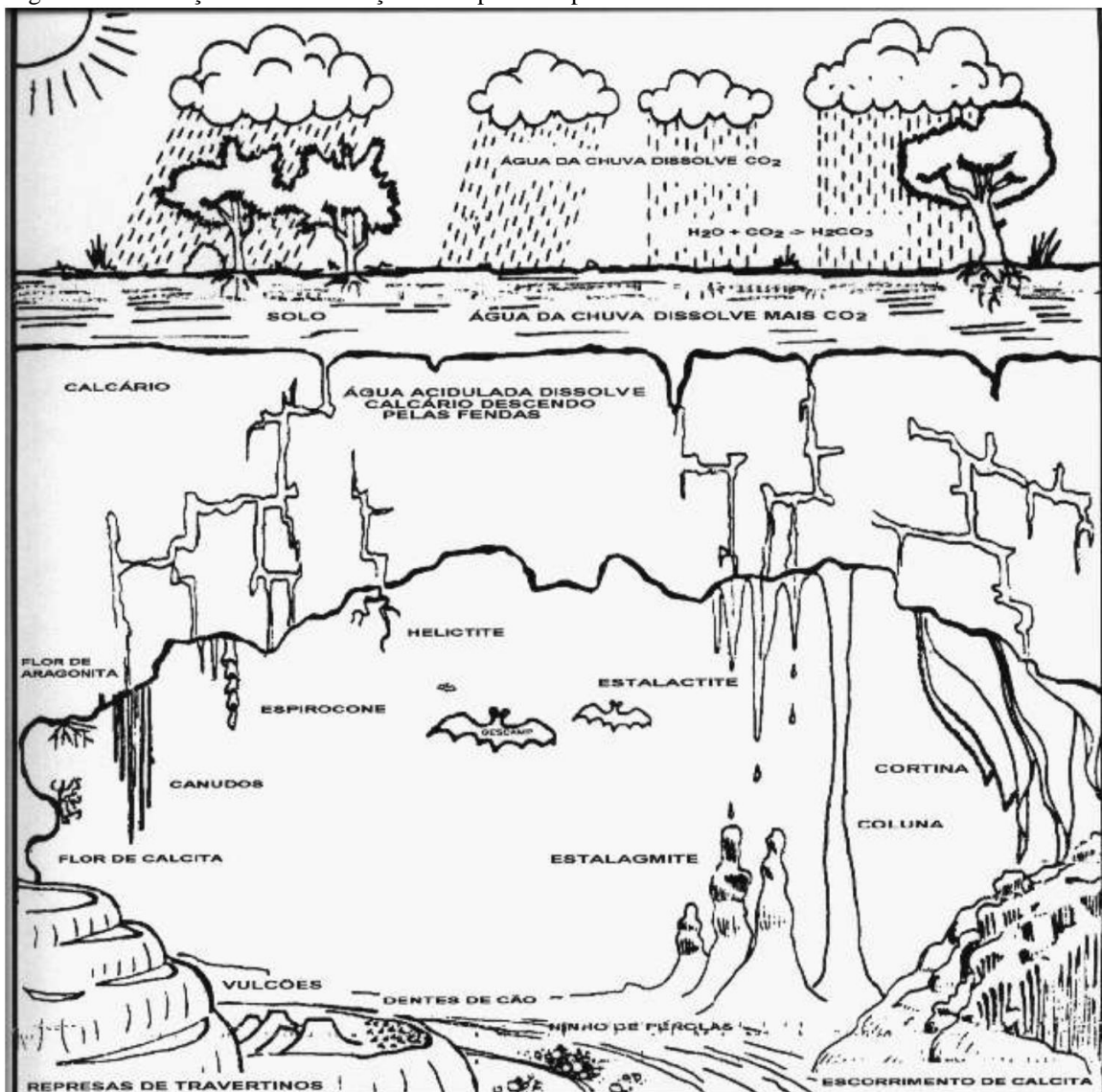
Com base em Scaleante e Scaleante (2010), pode se citar alguns exemplos de espeleotemas que são formados em distintos tipos de circulação de água (FIGURA 22), como:

- Em Águas Circulantes – o fator predominante no crescimento desses espeleotemas é a ação gravitacional, que determina o regime do escoamento da água com minerais dissolvidos, por consequência, a forma de deposição do material e o formato final do espeleotema. São exemplos às estalactites, cortinas, canudos, espirocones, estalagmites, pérolas, travertinos, colunas, cascatas, escorrimentos, etc.
- Em Águas Estagnadas – formação de espeleotemas a partir da deposição de minerais nas partes submersas ou superficiais dos represamentos de água existentes nas cavernas, onde a água pode ficar saturada de carbonato pela lenta liberação de CO_2 no ambiente. São exemplos de espeleotemas os cones (vulcões, torres, montes), formas cristalinas (dentes-de-cão), jangadas, etc.
- Em Águas de Exsudação – são formados pelas soluções que “transpiram” pelos poros das rochas ou percolam pela superfície externa dos espeleotemas ou ainda são

conduzidas por condutos capilares dos espeleotemas, não existindo a formação de gotas. Os espeleotemas formados por águas de exsudação são em geral mais raros e mais frágeis. São exemplos desse tipo de espeleotema as helictites, heligmites, flores de calcita, aragonita e gipsita, agulhas, etc. Merece se destacar as helictites, também chamadas de excêntricas, como sendo formações que desafiam a lei da gravidade, formando feições cristalinas que crescem para frente ou para cima, ou mesmo apresentam aspecto retorcido.

Destaca-se também o caso dos espeleotemas que podem ser formados a partir de águas de condensação, ou seja, o vapor contido na atmosfera cavernícola, que normalmente tem umidade relativa do ar alta (próxima de 100%). Este vapor pode aderir às paredes e formar pequenos espeleotemas, como exemplo os coralóides.

Figura 22 - Ilustração sobre a formação e os tipos de espeleotemas.



Fonte: Scaleante e Scaleante (2010, p. 14)

É importante ressaltar que os espeleotemas além de terem relevante valor estético, são utilizados para alguns trabalhos científicos. Estudos sobre a idade precisa de espeleotemas fornecem importantes informações sobre a idade das cavernas e da paisagem ao redor. Segundo Auler e Piló (2010) “especialmente as estalagmites, em particular, podem representar importantes arquivos paleoambientais, fornecendo informações importantes sobre as mudanças climáticas que ocorreram na região da caverna no passado”.

2.5- Importância e utilização do Patrimônio Espeleológico

O patrimônio espeleológico, assim como é definido no Art. 5º do Decreto nº 99.556/1990 em seu texto original (sem alterações), como sendo “o conjunto de elementos bióticos e abióticos, sócio-econômicos e histórico-culturais, subterrâneos ou superficiais, representados pelas cavidades naturais subterrâneas ou a estas associados” (BRASIL, 1990), constitui-se literalmente em um verdadeiro bem, uma riqueza, uma herança (patrimônio) para a humanidade. Sua grande importância dentre tantas, destaca-se como testemunha ocular da evolução do homem e do planeta, como celeiro de conhecimentos multi, inter, e transdisciplinares englobando diversas áreas de conhecimento, transcendendo os seus meros aspectos econômicos. Desta forma, ressalta-se a essencial importância da proteção, conservação e preservação do patrimônio espeleológico, herança das gerações passadas para as gerações presentes e futuras da Terra.

Por conta de todas as evidências desse tempo remoto, reveladas aos olhares de pesquisadores pacientes como sutis informações sobre animais e homens primitivos que outrora habitaram o planeta, pode-se dizer que as cavernas tiveram papel essencial para que o homem moderno se tenha tornado o que é, seja do ponto de vista científico, social e cultural, seja religioso. (GAMBARINI, 2012, p. 65-69)

A relevância do patrimônio espeleológico, principalmente das cavernas para o homem, remonta aos primórdios da própria humanidade, permeiam toda a pré-história abrigando e registrando a evolução da raça humana desde os seus ancestrais; também presente na idade antiga, acompanhou o avanço da mitologia para a filosofia, servindo inclusive de alegoria para o filósofo Platão; a ausência de luz das cavernas, “acalentaram” as trevas da idade média, inspirando o cenário subterrâneo do inferno da *Divina Comédia* de Dante Alighieri; durante a idade moderna, começam as explorações subterrâneas (séc. XVI), as visitas turísticas às cavernas no século XVIII (FELIZARDO, 2013, p. 146), e o desenvolvimento da mineração de salitre em cavernas para a fabricação de pólvora; a atual

idade contemporânea registra desde a concepção e desenvolvimento da espeleologia, quanto ciência e técnicas, surgimento de inúmeros grupos espeleológicos pelo mundo, como o crescimento impactante da exploração e até destruição de cavernas para a mineração de calcário e ferro destinado as grandes indústrias, até a criação de leis para a proteção do patrimônio espeleológico e de áreas de preservação de ambientes com cavernas, dentre muitos outros fatos importantes da relação do homem com as cavernas.

As cavernas foram e são utilizadas como abrigo pelo homem desde os seus ancestrais na pré-história até a atualidade, destaca-se a importância de ser uma das suas primeiras utilidades para a humanidade. A expressão “homem das cavernas” (ou trogloditas - palavra grega que significa "alguém que vive em um buraco ou debaixo da terra") retrata bem as condições dos primeiros homens e seus ancestrais, que utilizavam as cavernas como abrigo para se protegerem das intempéries do clima, fazer fogueiras para preparar alimentos, se aquecerem, descansar, dormir, conviver em sociedade, realizar rituais, registrar inscrições rupestres, e etc.

As feições espeleológicas (cavernas, grutas, furnas, lapas, abrigos, tocas, abismos, buracos, e etc.) abrigaram a pré-história do homem, como também a muitas outras histórias e histórias importantes da humanidade. Segundo alguns estudos bíblicos, afirma-se que o nascimento de Jesus Cristo ocorreu numa gruta (*lapinha*) em Belém, e em cima desta gruta foi erguida a Igreja da Natividade, no século IV, por ordem de Santa Helena, mãe do imperador romano Constantino. A Gruta dos Angicos, em Sergipe, foi o último esconderijo de Lampião e Maria Bonita antes de serem emboscados e mortos pelas volantes da polícia, em 1938 (GAMBARINI, 2012, p. 75). A crise dos mísseis soviéticos em Cuba (1962), que quase desencadeia a terceira guerra mundial, teve as cavernas cubanas envolvidas na polêmica, devido às acusações de que elas serviriam de abrigo para o arsenal militar e esconderijo para Fidel Castro e demais membros do governo (VEJA, 2012). Após os atentados terroristas de 11 de setembro de 2001 aos Estados Unidos, o governo americano obteve informações que o líder da Al-Qaeda, Osama Bin Laden, se escondia em um complexo de cavernas de Tora Bora, no leste do Afeganistão (UOL, 2011).

Há registros de que a própria Lapa de Terra Ronca [no interior de Goiás] abrigou fugitivos políticos no início do século XX. (GAMBARINI, 2012, p. 75)

A Arqueologia é ciência que estuda o passado da humanidade, a partir de artefatos (pontas de flecha, ornamentos, vasos, etc.) e vestígios (ossos humanos, pinturas rupestres, fogueiras, etc.) deixados pelas populações humanas. Esta ciência tem nas feições

espeleológicas, um dos ambientes mais favoráveis à preservação de vestígios arqueológicos, devido às condições de menor umidade, menor iluminação, e temperaturas mais estáveis. Pode se destacar, por exemplo, a famosa caverna Chauvet na França, que tem as pinturas rupestres mais antigas e mais elaboradas já descobertas, com sofisticados desenhos de animais, de curvas suaves e detalhes finos, que segundo os últimos estudos científicos, essas pinturas foram feitas entre 28.000 e 40.000 anos atrás, desafiando o conhecimento atual sobre a evolução cognitiva humana (TERRA, 2012).

No Brasil, encontram-se inúmeros paredões, abrigos rochosos e entradas de cavernas que registram usos variados como moradia, paragem, palco de rituais, cemitério e suporte para a arte do homem pré-histórico, destacando-se as regiões de Lagoa Santa - MG, Serra da Capivara - PI, médio curso do rio São Francisco (Januária até Montalvânia), Monte Alegre e Serra dos Carajás - PA, dentre outras áreas (PILO; AULER, 2010).

As cavernas têm, há longos tempos, se destacado como excelentes locais para a existência e para a preservação de material arqueológico e paleontológico. Ao contrário de alguns povos, como o Maia, o homem primitivo brasileiro pouco entrava nas cavernas, permanecendo em geral próximo à zona de entrada. Alguns dos mais importantes sítios arqueológicos do Brasil estão associados a cavernas. (AULER; ZOGBI, 2005, p.33)

A descoberta no abrigo rochoso de Lapa Vermelha IV, de um esqueleto considerado como o mais antigo das Américas, com mais de 11.000 anos, batizado com o nome de *Luzia*, (NEVES; PILO, 2008 *apud* SILVA, 2009, p. 569) foi capaz de “abalar o paradigma científico dominante no que concerne às origens da presença humana no continente americano” (NEVES; PILO, 2008 *apud* TURATTI, 2008, p. 317). O local da importante descoberta aconteceu no famoso carste de Lagoa Santa - MG, lugar conhecido como “berço da arqueologia e paleontologia no Brasil”, onde desde 1835 foram iniciadas explorações científicas, realizadas pelo naturalista dinamarquês Peter Wilhelm Lund, considerado como “pai da arqueologia e paleontologia brasileira”.

Além da arqueologia em cavernas, deve se ressaltar a importância da espeleo-antropologia, que segundo Jimenez *et al.* (1984, p. 11) é o estudo da relação do homem com as cavernas, assim como suas manifestações culturais. As cavernas em várias partes do mundo (Tailândia, Peru, Índia, Malásia, Indonésia, Arábia Saudita, etc.) vêm servindo de palco de diversas manifestações religiosas, sendo muitas vezes, transformadas em verdadeiros santuários. No Brasil, existem registros da ocorrência de romarias, ex-votos, cultos evangélicos e afro-brasileiros, de pagamentos de promessas e até mesmo casamentos e batizados que são realizados em cavidades naturais subterrâneas, merecendo destaque: a

Gruta Mangabeira, Lapa do Bom Jesus e Gruta dos Brejões, na Bahia; Lapa de Antônio Pereira e Lapa Nova, em Minas Gerais; e a de Terra Ronca, em Goiás (PILÓ; AULER, 2010, p.15).

No caso da Lapa do Bom Jesus, no oeste baiano, ocorre segundo Gambarini (2012, p. 69) a mais importante representação religiosa associada às cavidades naturais subterrâneas e a mais antiga referencia documentada sobre uma caverna no Brasil. Para Auler (2004) um dos primeiros documentos sobre cavernas no Brasil que se tem conhecimento, trata-se de “uma carta ao rei de Portugal, escrita em 1717 por Francisco de Mendonça Mar, onde este menciona que residia ‘há 26 anos (portanto desde 1691) na Lapa do Bom Jesus’, a atual gruta santuário de Bom Jesus da Lapa”. Este santuário tornou-se um dos principais pontos de romaria do país, recebendo milhares de pessoas há séculos, no interior do semiárido nordestino, à margem direita do rio São Francisco.

Na escala temporal da humanidade, a caverna está situada nos primórdios da História do Homem. Nela os primeiros indivíduos do gênero *Homo* buscaram abrigo contra o calor escaldante das pradarias, contra os predadores naturais, contra a chuva; ela serviu como abrigo, local de habitação, como local de veneração aos mortos e também às divindades. Este espaço é um locus natural relevante para o processo de construção do ser humano como sujeito que realiza intervenções no espaço e transforma-o segundo as suas necessidades imediatas ou de longo prazo, seja para saciar a sua sede de conhecimento ou simplesmente para repousar e manter-se aquecido durante as noites de inverno. (BARBOSA, 2013, p. 157)

Ao longo dos tempos, as cavidades naturais subterrâneas vêm se destacando como excelentes locais para a existência e preservação de material arqueológico, e também paleontológico. A Paleontologia, como ciência que estuda as formas antigas de vida que habitaram o planeta, tem como essencial objeto de pesquisa os registros fósseis. Conforme Simões e Rodrigues (2009) os *fósseis* (do latim, *ser desenterrado* ou *extraído da Terra*) “são restos ou vestígios (traços) de animais, vegetais e de outros microorganismos (algas, fungos e bactérias) que viveram em tempos pré-históricos e estão naturalmente preservados nas rochas sedimentares”. Os fósseis e a paleontologia têm importância fundamental para explicar cientificamente a evolução pré-histórica da vida e do próprio planeta Terra.

No ambiente cavernícola, a salvo das intempéries do clima e da ação de outros animais, os ossos de seres vivos extintos são preservados “através de processos de fossilização que inclui, entre outros, o recobrimento por espeleotemas, ou a substituição do material do osso por substâncias minerais” (AULER; PILÓ, 2010, p. 39). A fauna pré-histórica extinta encontrada em cavidades naturais subterrâneas é diversificada, abrangendo

muitas espécies da megafauna: mastodonte, tigre-dentes-de-sabre, preguiça-gigante, toxodonte, gliptodonte, macacos e tatus gigantes, entre muitos outros.

A espeleopaleontologia ou paleontologia de caverna no Brasil tem descoberto uma grande quantidade de fósseis, principalmente nos estados da Bahia e Minas Gerais, são encontrados espécimes muito bem conservados, esqueletos completos de vertebrados, e até partes moles preservadas, que raramente são encontradas em superfície (GEP, 2010, p. 1-3). Muitos dos esqueletos fósseis achados dão indícios de que “foram arrastados por enxurradas, tal a desarticulação, e já muitas vezes completamente sedimentados. Exceção pode ser feita aos fósseis encontrados na Toca da Boa Vista [localizada na Bahia]” (GAMBARINI, 2012, p. 69).

Muito do que se conhece no Brasil sobre a paleontologia de mamíferos do período Pleistoceno (o período geológico que vai de cerca de 1,6 milhão de anos até 10 mil anos atrás) provém de estudos em cavernas. Porém, ainda há muito a descobrir. (AULER; ZOGBI, 2005, p.35)

De acordo com Medeiros (2010, p.153), em seu estudo sobre o histórico da espeleologia, as primeiras expedições científicas que sedimentaram a espeleologia no Brasil, foram feitas na região de Lagoa Santa - MG, por Peter Lund entre os anos de 1835 e 1844. “Lund realizou pesquisas ligadas à paleontologia e descobriu o Homem de Lagoa Santa, representante da raça que habitou as cavernas de Minas Gerais há milhares de anos”.

É importante ressaltar a grande relevância dos estudos de Peter Lund, feitos no carste de Lagoa Santa, para a paleontologia, a arqueologia e a espeleologia brasileira, inclusive com repercussão a nível mundial. O naturalista dinamarquês Peter Wilhelm Lund (1801-1880), doutor em Filosofia Natural, foi adepto e estudioso da teoria do catastrofismo de Georges Cuvier, que conheceu pessoalmente na França. Em 1832 viajou pela segunda vez para Brasil, e nunca mais retornou a Europa (FARIA, 2008, p. 141-142). Na região central de Minas Gerais, em Lagoa Santa, Lund pesquisou durante nove anos (1835-1844), mais de 800 grutas e abrigos rochosos, onde coletou mais de 12 mil fósseis e fragmentos ósseos, encontrando 32 espécies extintas. Um dos principais destaques de sua pesquisa, ocorreu na Gruta do Sumidouro, em que uma escavação paleontológica deu origem a uma teoria revolucionária para a época: *a contemporaneidade do homem pré-histórico com os grandes mamíferos extintos* (LUNA FILHO, 2007, p. 24-25).

A possibilidade de o homem ter povoado o Brasil central antes da última “revolução da Terra” [catastrofismo] e ter sobrevivido a ela tinha se tornado uma realidade. Segundo Lund, aqueles esqueletos forneceram resultados importantes para a discussão da antiguidade do homem nas Américas. Em 1844, apresentou à ciência

européia uma hipótese inédita: a contemporaneidade do homem pré-histórico com os grandes mamíferos extintos. (LUNA FILHO, 2007, p. 25)

As descobertas paleontológicas de Peter Lund, no carste da Lagoa Santa, geraram repercussões distintas no mundo científico, inclusive em estudos de Charles Darwin. Atribuiu-se também a Lund, as primeiras interpretações detalhadas sobre os processos de formação das cavidades naturais subterrâneas. Acompanhado com Peter Andreas Brandt (pintor norueguês), companheiro de pesquisas e melhor amigo, Lund deu os primeiros passos no mapeamento das cavernas, documentando as diversas formas de salões e espeleotemas. Percebe-se o interesse e compreensão multidisciplinar de Lund, no momento em que ele estuda sobre a gênese dos ambientes cavernícolas, relacionados aos processos sedimentares, para poder melhor explicar a ocorrência de fósseis animais e ossadas humanas (GAMBARINI, 2012, p. 60-65). Diante do que foi exposto, confirmam-se os motivos porque Peter Lund é conhecido como “pai da arqueologia e paleontologia brasileira” e o seu principal local de trabalhos de pesquisa de campo, o carste da Lagoa Santa, ser considerado como “berço da arqueologia e paleontologia no Brasil”.

Ainda na seara da espeleopaleontologia, é relevante destacar os recentes estudos sobre paleotocas, que são tipos de icnofósseis (vestígios de seres extintos). De acordo com Frank *et al.* (2011, p. 541-542), as *paleotocas* são tocas (túneis ou galerias) escavadas por mamíferos extintos da Megafauna Sul-Americana, como tatus gigantes e preguiças gigantes. Foram encontrados túneis de paleotocas, nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Minas Gerais, alguns chegam a alcançar 4 metros de largura, 2 metros de altura e até mais de 100 metros de comprimento. As pesquisas realizadas em paleotocas vêm oferecer subsídios para estudos científicos nas áreas de Paleontologia de Vertebrados, Arqueologia, Espeleologia, Paleoclimatologia, Biologia, História e Turismo.

As pesquisas relativas ao patrimônio espeleológico também tem sido importante para os estudos de paleoclimatologia, paleoambientes, e paleoecologia. Conforme Piló e Auler (2010, p.15), registros paleoambientais passíveis de datações absolutas (registros isotópicos) estão particularmente contidos nos depósitos químicos das cavernas, denominados de espeleotemas (estalactites e estalagmites), que podem servir como “verdadeiros arquivos paleoclimáticos”. Segundo a revista Pesquisa FAPESP (2009, p. 67), sobre os estudos paleoclimáticos do geólogo Francisco W. Cruz Júnior, pesquisador do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IG-USP), as pesquisas feitas com estalagmites de cavernas do Rio Grande do Norte tem revelado que, o clima semiárido no Nordeste teve início a cerca de 4.000 anos. Observou-se nos estudos que quando começou o período mais seco, a maioria das

estalagmites parou de crescer. O pesquisador de paleoclima afirma que “há 6.000 anos o clima do Nordeste era muito diferente”. A mudança climática na região deve ter contribuído para a substituição de florestas relativamente encorpadas para a atual caatinga.

Além da megafauna que viveu no chamado Pleistoceno Final, em torno de 12.000 anos A.P., a descoberta de duas espécies de primatas mudou certos conceitos sobre o clima numa época regressa; a presença desses animais, de tamanho avantajado e possivelmente arborícolas, evidencia a existência de uma antiga floresta exuberante e úmida, onde atualmente se encontra uma caatinga árida e espinhenta, predominante do sertão nordestino. Da mesma forma, a descoberta de um crânio de urso em cavernas do Ceará [Ubajara] sugere um clima predominantemente frio na região, provavelmente condizente com os períodos de glaciação. (GAMBARINI, 2012, p. 65-69)

A biologia de cavernas, conhecida também como *bioespeleologia* ou *espeleobiologia*, ou ainda, usando um termo mais moderno e abrangente *biologia subterrânea*, é o estudo dos organismos vivos que habitam no meio subterrâneo, principalmente as cavernas (*bioespeleologia*, do grego *bio* = vida; *spelaiion* = caverna; *logos* = estudo) ou outros tipos de habitats subterrâneos. De acordo com Trajano e Bichuette (2006, p. 9), enquanto área da ciência, a bioespeleologia tem a missão de buscar responder questões importantes sobre: que tipos de organismos vivem no meio subterrâneo, como conseguem sobreviver em condições distintas das existentes na superfície, quais são suas características mais importantes, como proteger esses organismos, e tantas outras questões relevantes sobre a temática.

Para compreender as particularidades dos ecossistemas subterrâneos, é fundamental conhecer as diferenças que existem entre o meio subterrâneo (chamado de *hipógeo*) e o meio externo (chamado de *epígeo*), que é a superfície da Terra. Pode se dividir a cavidade subterrânea (hipógeo) em três zonas para uma melhor caracterização:

- Zona eufótica ou entrada – região de contato entre os meio epígeo e hipógeo, com incidência direta de luz, umidade relativa do ar e amplitude térmica equivalentes ao meio epígeo, geralmente com elevada diversidade biológica.
- Zona disfótica ou de penumbra – incidência indireta de luz e flutuação térmica menor do que a zona de entrada, ainda apresenta alguns organismos fotossintetizantes.
- Zona afótica ou escura – com total ausência de luz, tendência à estabilidade ambiental, com temperatura constante (próxima da temperatura média anual da superfície) e umidade relativa do ar normalmente alta, próxima da saturação, e geralmente com menor diversidade biológica.

Podem ser considerados como espécies cavernícolas os organismos que passam pelo menos uma parte do seu ciclo de vida no ambiente subterrâneo, apresentando uma relação ecológica direta com esse meio. Para Ferreira, R. L. (2010, p. 94), uma das classificações da fauna cavernícola mais utilizada é a do sistema Schinner-Racovitza (modificado em Holsinger & Culver, 1988), no qual as espécies cavernícolas podem ser enquadradas em três grupos: troglóxenos, troglófilos e troglóbios.

- Troglóxenos – (do grego: *troglos* = caverna; e *xeno* = externo) espécies que não são exclusivos de caverna, que obrigatoriamente devem sair das cavernas para completar seu ciclo de vida e que em geral ocorrem nas porções mais próximas às entradas. Muitos desses organismos são responsáveis pela importação de recursos alimentares provenientes do meio epígeo em cavernas. São exemplos os morcegos, mariposas, aves, onças e sapos.
- Troglófilos – (do grego: *troglos* = caverna; e *filo* = amigo) são os organismos capazes de completar todo o seu ciclo de vida no meio hipógeo e ou epígeo, desta forma, não são exclusivos do meio cavernícola. São ecologicamente adaptados ao meio de vida subterrâneo não apresentando adaptações morfológicas e nem fisiológicas. São exemplos as aranhas, opiliões, diplopodas e diversos insetos.
- Troglóbios – (do grego: *troglos* = caverna; e *bio* = vida) espécies que se restringem ao ambiente cavernícola, devido às especializações adquiridas ao longo da evolução, geralmente em isolamento geográfico nesse ambiente. As especializações (*trogломorfismos*) podem ser morfológicos, fisiológicos e comportamentais. As mais conhecidas e evidentes na grande maioria dos troglóbios são redução ou perda total dos olhos, redução ou perda total da pigmentação, órgãos sensoriais maiores, dieta generalista e metabolismo baixo. Estes organismos são bem susceptíveis às alterações que ocorram nas condições normalmente estáveis do ambiente cavernícola. São exemplos as salamandras de cavernas (anfíbio, *Proteus anguinus*), peixes cegos (bagre cego do PETAR), diversos grupos de invertebrados como moluscos, gastrópodes, pseudoescopiões, aranhas, opiliões, besouros, diplópodes (piolhos-de-cobra), e crustáceos.

Nos ambientes hipógeos, a ausência de luz provoca a ausência de organismos fotossintetizantes, assim, acarretando escassez alimentar no meio cavernícola. Desta forma, as fontes alimentares nesses ambientes estão restritas às bactérias quimiossintetizantes e principalmente ao aporte de recursos externos, que são transportados por correntes de água (detritos vegetais, restos de animais e plantas, matéria orgânicas dissolvida, plânctons) e por

organismos troglóxenos (restos de alimentos e fezes), e carcaças de animais mortos que adentraram na caverna. Destaca-se como exceção a situação predominante de escassez alimentar no meio subterrâneo, as cavernas habitadas por colônias muito numerosas e estáveis de morcegos (quirópteros) e aves, onde há acúmulo de grande quantidade de fezes destes animais (conhecido como guano) depositado continuamente, que sustenta comunidades cavernícolas abundantes e diversificadas.

Diferente das cadeias alimentares de ambientes externos (epígeo) existe uma típica cadeia alimentar cavernícola (hipógeo), baseada em decompositores e com apenas dois níveis tróficos – o dos detritívoros e o dos predadores, estes, por sua vez, com apenas um nível.

[...] devido à escassez alimentar predominante na maioria das cavernas, a biomassa total de cavernícolas é pequena, as populações são frequentemente pequenas, a riqueza de espécies é relativamente baixa e a maioria desses organismos é de pequeno porte. (TRAJANO; ANDRADE, 2005, p. 27-28)

A importância do patrimônio espeleológico para a humanidade é muito vasta, além de ser um grande celeiro de conhecimentos científicos, que abrange toda a existência do homem e uma boa parte da evolução do planeta, este extraordinário patrimônio vem se destacando economicamente desde antes da revolução industrial, e cada vez mais, principalmente no último século.

A história do uso das cavernas pelo ser humano ao longo de sua escala evolutiva nos revela a importância que o conhecimento atual das mesmas representa para a humanidade. Segundo Braidwood (1975), muitos achados que contam a trajetória humana se deram em cavernas. (MEDEIROS, 2010, p.153)

Dentre os vários registros existentes da utilização das cavidades naturais subterrâneas pelo homem, observa-se o uso como abrigo, esconderijo, moradia, hotel (Capadócia na Turquia), santuário e templo religioso, local de peregrinação, castelo (Postojna na Eslovênia), base militar, extração de salitre, depósito de materiais, cidade subterrânea secreta (Arras na França, 1ª Guerra), hospital (Síria), exploração de água, mineração de calcário e de ferro, depósito de lixo e agrotóxico, curral de animais, garagem (MG), local de turismo, cenário de filmes, teatro (Gilbratar), restaurante, bar, laboratórios, escola (China), campo de futebol (BA), e até discoteca (Cuba) e boate (República Dominicana), Mas determinadas atividades humanas vem causando expressivos impactos ao patrimônio espeleológico, no caso do Brasil pode-se citar exemplos significativos como a mineração de calcário e ferro, grandes obras de engenharia, e até o turismo de massa, dentro outros.

Diante do exposto, relativo ao patrimônio espeleológico, no aspecto da geociência, ressalta-se a importância da geodiversidade (diversidade do meio abiótico) a este intrínseca, pois essencialmente constitui-se como um dos mais significativos patrimônios geológicos do planeta, sendo assim necessário e premente a sua geoconservação para a humanidade e o planeta.

A *Geodiversidade*, segundo a CPRM (2006), é definida como “a natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, fenômenos e processos geológicos” que originam as “paisagens, rochas, minerais, solos, águas, fósseis e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico”. Para Brilha (2005 *apud* MOREIRA, 2008, p. 76), entende-se por *Patrimônio Geológico* o conjunto de geossítios de um local, delimitado geograficamente, onde ocorrem elementos de geodiversidade, “com valores singulares do ponto de vista científico, pedagógico, cultura ou turístico. É constituído por todos os recursos naturais não renováveis, quer sejam formações geológicas ou geomorfológicas, paisagens, afloramentos mineralógicos e paleontológicos”. A *Geoconservação* objetiva conservar a diversidade natural de relevantes “aspectos e processos geológicos, geomorfológicos e de solo, proteger e manter a integridade dos locais de interesse geológico, minimizar os impactos adversos que podem atingi-los, promover a interpretação da geodiversidade e garantir a manutenção da biodiversidade dependente da geodiversidade” (NASCIMENTO; AZEVEDO; MANTESSO-NETO, 2008 *apud* LOPES; ARAÚJO, 2011, p.74).

2.6- Fragilidades e impactos relativos ao Patrimônio Espeleológico

Segundo diversos autores, as paisagens cársticas e as cavernas são considerados como domínios frágeis e peculiares, em que as alterações ambientais, mesmo pequenas, podem significar ameaças sérias à integridade do meio subterrâneo e seu ecossistema. As paisagens cársticas exigem uma análise ambiental especializada devido ao contexto diferenciado dos elementos de seus ecossistemas. Destaca-se dentre as questões relativas às fragilidades desses ambientes: o colapso (desabamento) de cavernas e a formação de dolinas; a poluição e os impactos na dinâmica hidrológica subterrânea; e as ameaças aos ecossistemas cavernícolas (bioespeleologia).

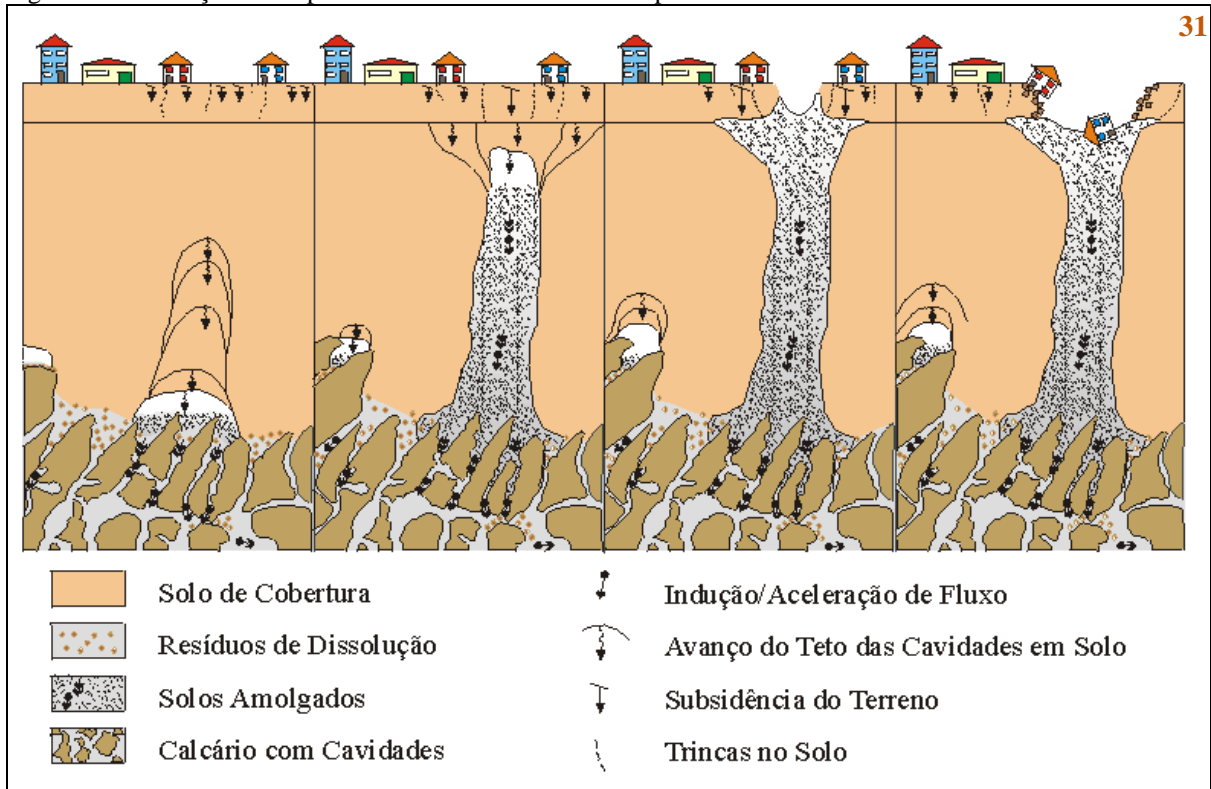
Os terrenos cársticos apresentam significativa susceptibilidade à ocorrência de colapso em cavidades naturais subterrâneas. Os *colapsos* são movimentos bruscos do terreno,

com deslocamento de direção, essencialmente, vertical descendente, que consistem no abatimento (desmoronamento) do teto e paredes de cavernas, ocasionando a formação na superfície, de dolinas de colapso. Pertinente a esse assunto a Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE, 2007, p.7) afirma em um parecer técnico que “o relevo cárstico não apresenta característica duradoura, ao contrário apresenta grande vulnerabilidade à erosão química e física, decorrendo em processos de dolinamentos, seja por abatimento ou dissolução, abertura de condutos, etc.”

Ressalta-se que o dolinamento pode acontecer sem sinais prévios denunciadores, podendo causar acidentes graves que envolvem a ruína total ou parcial de edificações. Este tipo de problemas já aconteceu, por exemplo, em Sete Lagoas-MG e Cajamar-SP. A expansão de grandes metrópoles brasileiras, como Belo Horizonte, tem ocorrido também em direção a regiões cársticas, e pode-se esperar graves problemas futuros para população e para o meio ambiente, caso não sejam adotadas medidas de planejamento adequadas para estas áreas. (IEF, 2009, p.7)

De acordo com Reis (2001), os dolinamentos de colapsos (surgimento brusco de crateras) são considerados um dos principais causadores de sérios acidentes em regiões cársticas, ocasionando desmoronamento total ou parcial de construções, prejuízos econômicos e até mortes, inclusive com desaparecimento súbito de pessoas tragadas pelo afundamento do terreno. As causas dos dolinamentos de colapsos podem ser originadas por processos naturais, como a continua dissolução de rochas (carstificação), ou podem ser provocadas por ação antrópica, como o bombeamento excessivo de águas subterrâneas (denominado de superexploração ou sobreexploração), por recalques por acréscimo de peso devido a obras e estruturas inadequadas na superfície do terreno, e por galerias subterrâneas de extração de minérios. No Brasil são registradas ocorrências deste fenômeno, e um dos casos mais conhecidos aconteceu em 1986 na cidade de Cajamar - SP, em que ocorreu o afundamento do solo formando crateras (dolinas) de 32 metros de diâmetro e 13 metros de profundidade. Apesar de inicialmente os afundamentos terem sido associados à processos de carstificação. Estudos realizados posteriormente detectaram que os referidos processos foram intensificados pelo bombeamento de água subterrânea através de poços profundos de grande vazão, que provocaram a migração do solo para ocupar o espaço deixado pela retirada da água, ocasionando, por consequência, o dolinamento do terreno. A seguir a FIGURA 23 ilustra como ocorre o processo de dolinamento de colapso em área urbana e a FIGURA 24 é relativo a fotos das crateras que surgiram em Cajamar – SP, em 1986.

Figura 23 - Ilustração sobre processo de dolinamento de colapso em área urbana.



Fonte: Ilustração obtida na Internet ³¹

Figura 24 - Fotos de crateras que surgiram em Cajamar (SP) provocadas por dolinamentos de colapso.



Fonte: Fotos obtidas na Internet ³²

Sobre a questão hidrológica no carste, a água tem um papel de grande destaque na composição das cavernas, desenvolvendo rotas de drenagens subterrâneas (aquíferos), que podem atingir grandes extensões, e que são muito susceptíveis às alterações no meio ambiente. A poluição desses mananciais pode comprometer drasticamente as condições dos

³¹ Ilustração encontrada em site da Internet: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter12.html>> (Acesso em 19/04/2014)

³² Fotos encontradas em site da Internet: <<http://g1.globo.com/brasil/noticia/2010/06/buraco-da-guatemala-intriga-geologos-brasileiros.html>> (Acesso em 19/04/2014)

aqüíferos. Um impacto pontual no sistema hidrológico pode atingir áreas mais extensas. Também é importante destacar que as bacias de drenagem, no carste, não se limitam necessariamente aos divisores de águas superficiais, podendo se estender muito além desses limites. “Um impacto pontual no sistema hidrológico pode atingir áreas mais expressivas” (PILÓ; AULER, 2010, p.16).

Concernente à relevância da questão da hidrologia subterrânea em áreas cársticas, pode-se citar o caso abordado na reportagem intitulada *Cavernas poluídas ameaçam abastecimento de água e vida selvagem*, da revista Scientific American Brasil (2010). O artigo informa que recursos subterrâneos estão sendo poluídos por atividades humanas na superfície das regiões cársticas, que vão desde transbordamento de esgotos a velhas indústrias abandonadas. Menciona o caso nos Estados Unidos, do rio Bluestone, que recebe as águas que saem da caverna Beacon, sendo este rio há muito tempo utilizado para pesca e como fonte de água potável para as cidades próximas. As autoridades ambientais detectaram que os peixes do rio estavam contaminados com compostos industriais chamados *bifenil policlorados* (PCB). Uma pesquisa descobriu que as águas subterrâneas dentro da caverna que abastecem o rio, apresentavam altas concentrações de PCB, e que a provável fonte da contaminação se encontra bem acima da caverna, no caso uma usina elétrica abandonada. “O problema chama atenção porque quase um terço do suprimento de água potável nos Estados Unidos é formado por riachos e fontes que se originam em cavernas ou passam por elas”.

Segundo a revista, os aquíferos cársticos são particularmente vulneráveis à poluição da superfície por serem constituídos de rochas como calcário e gipsita, que propiciam uma fácil infiltração para regiões abaixo da superfície, “permitem que qualquer coisa que seja jogada no solo viaje sem filtragem até o fundo”. Nos Estados Unidos as formações cársticas são extensas, perfazendo quase um quarto do seu território continental. E além da problemática da água potável, as cavernas poluídas também colocam em risco algumas das mais raras formas de vida selvagem da Terra. Estima-se que existam nos Estados Unidos cerca de 50.000 cavernas, que abrigam aproximadamente 1.100 espécies de animais, plantas e insetos, e que muitos deste não sobreviveriam fora do ambiente das cavernas (é caso dos troglóbios). Já faz muitos anos, que são encontrados em cavernas e nascentes a presença de pesticidas, inclusive inseticidas proibidos como o *diclorodifeniltricloroetano* (DDT), que prejudicam o frágil ecossistema cavernícola. Destaca-se também, os resíduos humanos como uma fonte comum de poluição das cavernas. A famosa Mammoth Cave, visitada por quase meio milhão de pessoas por ano, foi contaminada por esgoto de um hotel próximo. E para

tentar equacionar este problema o Serviço Nacional de Parques teve que instalar uma estação de tratamento de esgoto regional.

A poluição da caverna Beacon é um exemplo claro do crescente problema da contaminação da superfície que tem poluído cavernas por todo o país, incluindo algumas localizadas em parques nacionais e florestas. “O problema é sério”, afirma Tom Aley, especialista em hidrologia subterrânea e presidente do Laboratório Ozark de Águas Subterrâneas, no sudoeste de Missouri. Exemplos existem em abundância, incluindo esgoto bruto fluindo para o regato [córrego] Shalers, dentro do Parque Nacional da Caverna do Mamute, no Kentucky, área de confinamento de animais que joga resíduos em uma dolina na caverna Crevice e água suja que escorre de uma madeira e está entupindo a caverna Whispering Canyon, na Floresta Nacional Tongass, no Alasca. (SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL, 2010)

Em relação aos ecossistemas cavernícolas (objeto de estudo da bioespeleologia), estes demonstram uma grande vulnerabilidade às alterações do meio ambiente. De acordo com Ferreira e Martins (2001, p.24), as comunidades cavernícolas apresentam-se com muitos aspectos distintos e peculiares. Desta forma, quaisquer impactos nesses ambientes hipógeos (internos) podem ser bem mais prejudiciais a esses organismos vivos que os ocorridos em sistemas epígeos (externos). Devendo se considerar como impactos, as alterações bruscas no ambiente ou em partes deste, decorrentes de atividades naturais ou humanas, tendo em vista que, as cavernas normalmente apresentam maior estabilidade ambiental do que o meio externo. Os impactos que causam alterações rápidas e intensas podem geralmente ocasionar distúrbios mais sérios, inclusive provocando à extinção de algumas espécies. “A intensidade do impacto tem, portanto, maior influência sobre a capacidade de reestruturação de comunidades cavernícolas que o tempo decorrido desde a ocorrência desse impacto”.

Uma caverna, portanto, deve ser considerada uma unidade funcional, integrada por muitas espécies, que exibem diferentes graus de especialização e dependem de processos ecológicos (como o aporte de recursos). Mas isso ainda não basta para a preservação eficiente da fauna desses ambientes. Muitos têm forte dependência em relação ao meio externo e, caso este se altere, as comunidades cavernícolas podem se desestruturar. Assim, a proteção deve basear-se em uma perspectiva mais ampla: é preciso entender as cavernas como componentes do carste (o complexo de rochas sedimentares onde se formam), e este deve ser a unidade de estudos. (FERREIRA; MARTINS, 2001, p.28)

Os estudos bioespeleológicos além de revelar a existência de uma extraordinária fauna subterrânea, na qual se incluem diversos grupos taxonômicos (insetos, aracnídeos, diplópodes, crustáceos, quilópodes, etc.), também tem demonstrado a importância das cavernas para os ecossistemas onde estão inseridas. Por exemplo, a remoção de populações de morcegos frugívoros (que comem frutas) de cavernas, pode propiciar a redução nas taxas de polinização e de dispersão de sementes na vegetação externa, o que a longo prazo pode

empobrecer a variabilidade genética de muitas populações de plantas. Desta forma, destaca-se a importância dos estudos detalhados em sistemas cavernícolas, pois são fundamentais para a adequada caracterização do ecossistema em que as cavernas se inserem e para a conservação de ambos (FERREIRA, R. L., 2010, p. 107). Mas diante do grande potencial (bio)espeleológico brasileiro, a produção de estudos de bioespeleologia ainda pode se considerar escasso, configurando-se como mais um fator que dificulta a preservação dos importantes ecossistemas cavernícolas

Algumas atividades humanas de forma direta (como a mineração ou a exploração turística) e indireta (como o desmatamento ou a poluição de rios) têm causado significativos impactos sobre os ecossistemas cavernícolas. Trajano e Bichuette (2006, p. 81), no livro *Biologia Subterrânea – Introdução*, elaboraram um resumo das principais ameaças aos ecossistemas cavernícolas:

- Degradação ambiental, por destruição do habitat (extração de calcário, mineração de chumbo, prata, ferro), inundação (construção de represas) e assoreamento devido a desmatamentos, o que leva também à diminuição do aporte de nutrientes;
- Alterações no nível freático, seja o rebaixamento por retirada de água (para consumo humano ou irrigação), ou a elevação devido à instalação de grandes reservatórios de água nas proximidades do sistema;
- Poluição química (por metais pesados, detergentes, fertilizantes, pesticidas) e orgânica, bacteriológica, por eutrofização (descarga de lixo em cavernas, dolinas e outras aberturas do sistema);
- Introdução de espécies exótica, desde microrganismos carregados por visitantes até colonização por espécies epígeas introduzidas na área;
- Perturbações devidas à visitação (alteração do topoclima, pisoteamento, etc.), vandalismo, coleta excessiva de exemplares.

Ecossistemas subterrâneos são frágeis, altamente vulneráveis a alterações ambientais, em virtude do elevado grau de endemismo de muito de seus componentes (troglóbios), em geral pouco tolerantes a fatores de estresse (alteração de habitat, flutuações ambientais não-naturais, poluição química, eutrofização), da dependência de nutrientes importados do meio epígeo (externo), e do fato das populações serem frequentemente pequenas e com baixa capacidade de recuperação, como consequência de suas estratégias de ciclo de vida. Por tais motivos, todos os troglóbios, assim como os troglóxenos obrigatórios, encaixar-se-iam, a priori, pelo menos na categoria vulnerável de espécies ameaçadas, proposta pela IUCN (International Union for Conservation of Nature) (TRAJANO; BICHUETTE, 2006, p. 81)

Os impactos ambientais ao patrimônio espeleológico podem ser desde pequena magnitude e localizados, como a quebra de estalactites, até de grande magnitude, como a supressão (destruição) total da caverna. Entretanto, as pequenas alterações no ambiente cavernícola também podem representar ameaças severas à integridade do meio subterrâneo. No Brasil têm ocorrido impactos aos ambientes cavernícolas desde os primórdios da colonização portuguesa. Existem registros da utilização religiosa de cavernas a partir do século XVII, e principalmente de uma intensa extração de salitre no interior de grutas da Bahia e de Minas Gerais para a produção de pólvora no século XIX.

Nos últimos tempos, as áreas cársticas vêm apresentando expressivo valor para as atividades econômicas, com destaque para exploração de recursos minerais (calcário, minério de ferro, água, etc.), agropecuária e utilização de recursos florestais, turismo (de massa, religioso), grandes obras de engenharia (barragens, rodovias, ferrovias, etc.), ocupação urbana e industrial, dentre outras. É importante analisar cuidadosamente os potenciais impactos ambientais às áreas cársticas e ao patrimônio espeleológico, causados por cada atividade econômica, tendo como objetivo buscar a prevenção adequada para minimizar os impactos e melhor promover a gestão socioambiental das complexas regiões cársticas e do patrimônio espeleológico.

A seguir, com base no estudo de Ferreira, C. F. (2010) intitulado *Análise de impactos ambientais em terrenos cársticos e cavernas*, serão descritos as principais atividades humanas e seus respectivos impactos ambientais, que estão relacionados com o patrimônio espeleológico e as suas áreas cársticas.

As atividades de *mineração* “são talvez as que mais chamam a atenção quando o assunto é degradação ambiental, especialmente relacionada às cavernas” (FERREIRA, C. F., 2010, p. 123). Muitas das rochas que compõem as regiões cársticas e pseudocársticas são bastante utilizadas em atividades econômicas, como por exemplo, as rochas carbonáticas (calcário, dolomito e mármore) e as rochas ferríferas, sendo elas muito exploradas para abastecer os mercados internos e externos. No caso das formações ferríferas, as cavernas que ocorrem nestes tipos de litologia estão em geral associadas justamente aos maiores teores de ferro. Os principais impactos aos ambientes cársticos e cavernas provocados por empreendimentos minerários de diversos tamanhos e tipos são muito parecidos:

- Supressão da caverna (destruição) parcial ou total – É o mais grave dos impactos ao patrimônio espeleológico. Também existem registros de impacto ambiental em suprimir cavernas oclusas (ocultas) no maciço, que não tinham sido identificadas anteriormente.

Geralmente a ocorrência de cavernas na área de lavra, representa para a mineradora um grande entrave burocrático no processo de licenciamento ambiental;

- Soterramento ou entulhamento de cavernas – Ocorre principalmente nas entradas das cavidades, com o avanço da lavra, sendo um impacto similar à supressão e bem comum. Também ocorre que cavernas existentes no interior de dolinas sejam soterradas por rejeitos ou estéreis indevidamente depositados no local, provocando ainda impactos indiretos sobre a recarga dos aquíferos;
- Problemas erosivos em ambientes de mineração – Especialmente desencadeados pelo carreamento de estéreis ou rejeitos que provocam o assoreamento de cursos de água e cavernas;
- Rachaduras, deslocamentos de camadas da rocha, abatimentos de galerias e quebras de espeleotemas – Muitas vezes são originados pelos abalos e vibrações, decorrentes da realização de detonações nas proximidades das cavernas, pela utilização de técnicas inadequadas de desmonte, ou trânsito de máquinas pesadas em locais próximos ou sobre as cavernas, especialmente nas vias de acesso às minas;
- Poluição sonora e sobrepressão acústica – Resultantes da operação de máquinas e detonações, causam impactos principalmente à fauna cavernícola;
- Alterações na dinâmica hídrica do carste – Devido ao assoreamento causado por minerações em condutos subterrâneos podem ocorrer o alagamento de porções a montante e/ou a seca de trechos a jusante anteriormente alagados, há a possibilidade inclusive de abatimento de galerias anteriormente alagadas. Também pode acontecer a redução de lagos internos em cavernas, a recanalização e destruição de rio subterrâneo, e o rebaixamento do aquífero:
- Poluição das águas subterrâneas do carste – Geralmente ocorre devido à disposição inadequada de óleos e graxas das máquinas utilizadas na mineração.

A agropecuária destaca-se como uma das atividades econômicas que causam a maioria dos impactos nas cavernas brasileiras, isso se dá, devido à ocupação e alteração de extensas áreas, inclusive cársticas. Os impactos decorrentes da agropecuária geralmente não são extremos, com ocorrências de supressão de cavernas como na mineração, mas o grau de interferência pode ser desde baixo a alto. Ocorrem também muitos impactos indiretos, originados em áreas bem distantes. Os principais impactos relacionados às atividades agropecuárias são:

- Supressão vegetal – Comumente é o primeiro impacto que ocorre e o que mais se destaca nas atividades agropecuárias. Configura-se como um impacto bastante acentuado, repercutindo negativamente em diversos aspectos, diminuindo a quantidade e qualidade dos insumos orgânicos, muitas vezes expõem as entradas das cavernas a condições mais severas do ponto de vista climático, e diminuição de áreas de alimentação de morcegos;
- Processos erosivos – Geralmente ocorrem devido a maior exposição dos solos desnudados às intempéries climáticas, acontecendo inclusive em áreas com plantações, desencadeando problemas sérios, como o assoreamento de cavernas, que são bastante comuns, e impactos secundários, tais como o soterramento de substratos faunísticos, o entupimento de condutos com conseqüente alagamento ou secagem de galerias e, em alguns casos, a caverna pode ser completamente obstruída, o que representa praticamente uma supressão;
- Mudanças na dinâmica hídrica – Comumente ocorrem alterações na qualidade das águas cársticas. A retirada da vegetação nativa dificulta a infiltração e altera a composição da água. Pode não haver mais interação da água de infiltração com os substratos húmicos e raízes que normalmente lhe conferem maior competência dissolutiva. A interrupção do gotejamento e desenvolvimento de espeleotemas também pode ser resultante do desmatamento. Áreas anteriormente alagadas podem secar pela interrupção de condutos, devido o assoreamento dos cursos de água subterrâneos, assim como trechos a montante, inclusive superficiais, podem sofrer alagamento;
- Rebaixamento do aquífero – Provocado pelo bombeamento de grandes quantidades de água subterrânea para a irrigação de plantações, pode até mesmo causar o colapso de estruturas cársticas (cavernas, dolinas).
- Poluição por agroquímicos – É um impacto altamente nocivo aos ambientes naturais, incluindo-se as cavernas. Os defensivos, em especialmente, podem ser bastante agressivos aos sensíveis ecossistemas cavernícolas, pois quando são lixiviados pelas chuvas atingem os ambientes subterrâneos, como as cavernas. No caso do uso de fertilizantes, tende a ocorrer a eutrofização das águas, o que também pode representar danos importantes, sobretudo às comunidades cavernícolas dependentes de uma boa qualidade de água;
- Utilização inadequada de cavernas – É comum observar, em regiões essencialmente agrícolas, a utilização inadequada de cavernas como bota-fora ou depósitos de lixo,

inclusive com descarte de vasilhames de agroquímicos e carcaças. Existem registros de usos de cavernas até mesmo como currais, e contaminação por lançamento de efluentes não tratados nas cavidades cársticas.

O *turismo* é uma atividade econômica, frequentemente vista como potencialmente sustentável e altamente rentável, principalmente se comparada com outros ramos produtivos mais dependentes dos recursos naturais. Porém, nem sempre se observa sustentabilidade ambiental ou mesmo financeira nos casos de turismo em cavernas. No Brasil tem acontecido nas últimas décadas uma maior visitação das cavernas, que tem resultado na alteração drástica de algumas dezenas destas feições.

As atividades de visitação em cavernas são consideradas como importante ferramenta de educação e de sensibilização ambiental, mas quando realizadas de forma inadequada tem se transformado em meio de descaracterização e destruição destas cavidades, que são recursos naturais não renováveis. Deste modo, é muito importante que aconteçam atividades de espeleoturismo de forma bem planejada e adequada ao sensível ambiente cavernícola, a fim de resultar em ganhos na conservação destas cavidades, em conhecimento acerca do seu funcionamento e não apenas em recreação descompromissada. São varias as modalidades existentes de atividades de visitação a cavernas, podem-se destacar as visitasões de turismo de massa, de turismo religioso, visitasões eventuais, de exploração, pesquisa e aventura.

As *visitações de massa* ocorrem geralmente nas cavernas já estruturadas para receber um fluxo frequente de turistas, muitas vezes com a instalação de sistemas fixos de iluminação artificial, construção de passarelas, entre outras infraestruturas e que recebem uma quantidade anual de visitantes bastante elevada, pode-se citar como exemplos a gruta do Diabo - SP, a gruta da Lapinha - MG, e a gruta de Ubajara - CE. Comumente as visitasões em massa resultam em muitos danos, principalmente se as atividades não foram bem planejadas antecipadamente. Mas também se configuram como uma opção de fácil acesso às cavernas para a grande maioria da população, evitando muitas vezes a abertura de outras cavidades para atividades de visitação não planejada.

O *turismo religioso em cavernas* destaca-se apresentando algumas formas variadas, podendo ser permanente, temporário e ocasional. As cavernas em que ocorre o turismo religioso permanente constituem-se em verdadeiros templos ou santuários, que pouco mantêm suas características originais, como é o exemplo da Gruta de Bom Jesus da Lapa - BA. As condições de turismo nestas cavernas podem ser consideradas equivalentes à situação das cavidades com turismo de massa, devido ao grau de intervenções e a grande quantidade

freqüente de visitantes durante o ano. As cavernas com turismo religioso temporário, em geral, possuem não mais que pequenos altares e realizam algumas cerimônias em datas religiosas, mas costumam receber uma quantidade impressionante de pessoas em um curto período de tempo. Neste caso cita-se como exemplo a Lapa Velha - MG, a Gruta da Paixão na região da Chapada Diamantina - BA, e inclusive a Gruta de Ubajara - CE, em que antes da criação do Parque Nacional de Ubajara ocorriam até cerimônias de casamento.

As *visitações eventuais a cavernas*, tem se demonstrado em geral bastante danosas às cavidades naturais subterrâneas, pois ocorrem comumente sem nenhum cuidado e respeito ao meio ambiente. As consequências são vandalismos, com pichações, quebra de espeleotemas, roubo de fósseis, ataque à fauna, lixo, entre outros impactos. Inclusive a gruta de Ubajara tem registros de pichações, que datam desde a época da proclamação da república, em 1890 (FIGURA 25).

Figura 25 - Foto de pichações na Gruta de Ubajara.



Fonte: Material obtido na Internet³³

A *atividade de exploração de cavernas* é conduzida geralmente por espeleólogos, pessoas e grupos previamente preparados, com o objetivo de encontrar novas cavidades e realizar o devido mapeamento. Este trabalho é de fundamental importância, pois as novas cavernas descobertas precisam ser amplamente exploradas e conhecidas. Mas no momento da

³³ Material encontrado em site da Internet: <http://carlosgrohmann.com/downloads/palestra_ec.pdf> (Acesso em 29/08/2014)

exploração podem ocorrer alguns impactos inevitáveis, apesar das tentativas de minimização destes, como o pisoteio de formações delicadas, a desobstrução de restrições ao avanço da expedição (como blocos, sifões, espeleotemas, etc.) e outros impactos menos significativos.

As *atividades de pesquisa* ou *científicas* são muito similares a de exploração, em geral os efeitos advindos de coletas e análise da fauna cavernícola, sedimentos e espeleotemas, testes em pesquisas aplicadas ao manejo de cavernas ou regiões cársticas, implicam em impactos de pouca relevância, e resultam em um importante acréscimo de conhecimento sobre o patrimônio espeleológico. Deve-se ressaltar que a melhor forma de proteger é conhecer.

As *visitações de atividades de aventura* podem ser muito arriscadas, tanto para as cavernas, como para os próprios praticantes. Observam-se comumente vestígios de acampamentos em locais pouco propícios, utilização de fogueiras no interior das cavidades, quebra de espeleotemas, dentre outros impactos. Os praticantes destas atividades sujeitam-se a riscos consideráveis, principalmente nos lances verticais mais extensos e na prática de mergulho em caverna alagadas, que é considerada como uma das atividades mais perigosas dentre os esportes de aventura.

No âmbito das diversas modalidades de atividades de visita que ocorrem em cavidades naturais subterrâneas, são registrados vários impactos ambientais significativos ao ambiente cavernícola, dentre eles pode-se destacar:

- Alterações estruturais – Comumente são registrados impactos bem significativos no interior de cavernas com grande fluxo turístico, como a ocorrência de compactação do pavimento, retirada de blocos e espeleotemas para a passagem das trilhas ou escadas, obras pesadas de alvenaria, e demais modificações estruturais para facilitar o acesso turístico, além dos transtornos causados ao ambiente cavernícola durante a execução destas ações. Como consequência pode ocorrer a perda de habitat de algumas espécies cavernícolas; o soterramento, pisoteio e descaracterização de espeleotemas importantes; problemas de escoamento eventual de água, erosão e acúmulo de lama nas trilhas; dentre outros.
- Alterações microclimáticas – Muitos estudos têm observado alterações significativas de parâmetros de temperatura, gás carbônico e umidade relativa no interior de cavernas, em relação à ocorrência de atividade turística, principalmente as visitas que tem uma intensa presença de pessoas, como o turismo de massa e o turismo religioso permanente. As variações microclimáticas ocorrem em especial quando a caverna possui sistemas artificiais de iluminação incandescente, inclusive também pode ocorrer pela simples

transpiração humana ou sistemas pessoais de iluminação (carbureteiras), provocando o aumento de temperatura e a redução da umidade na cavidade.

- Impactos dos sistemas de iluminação – Além do problema de distúrbios microclimáticos causado pela implantação de sistemas artificiais de iluminação incandescente no interior de cavernas, estes também podem ocasionar o crescimento de organismos clorofilados exóticos ao ambiente originalmente afótico (ex: samambaias, algas e musgo), e que provocam alterações nas cores dos espeleotemas e demais formações (geralmente verde e preto). Existem no Brasil diversas cavidades naturais subterrâneas que são iluminadas pelos sistemas de iluminação citados, como por exemplo, a Caverna do Diabo - SP, Gruta da Mangabeira - BA, Gruta de Ubajara - CE, entre outras. Mas atualmente existem novos sistemas de iluminação que consomem bem menos energia, baseados em tecnologias novas como o LED (*Light Emission Diode*), que além de não produzirem quantidades significativas de calor, são econômicas, muito mais duráveis e geralmente iluminam mais. Sendo assim, provocam menos impactos ambientais. Neste caso, pode-se citar a Gruta da Lapinha - MG como um exemplo de cavidade que utiliza essa nova tecnologia. Ainda deve-se destacar a utilização de sistemas pessoais de iluminação baseados no acetileno (carbureteiras), que também podem causar problemas sérios, através da fuligem que geram, do calor e também dos subprodutos (borra). Devido a esses impactos, muitos espeleólogos ultimamente estão optando por lanternas de cabeça individuais com tecnologia LED, mas ainda não há um consenso geral sobre essa questão.
- Poluição sonora – Os barulhos (sons estranhos ao ambiente original) provocados durante as visitas turísticas nas cavernas podem causar estresse na fauna, especialmente em colônias estabelecidas de morcegos.
- Poluição com resíduos sólidos – A visita de massa em cavidades naturais subterrâneas pode levar a um acúmulo indesejável de diversos materiais, principalmente lixo, ou até mesmo substâncias inusitadas. Quando esses resíduos deixados nas cavernas são inorgânicos e pouco abundantes oferecem unicamente impactos visuais, mas quando se trata de restos de comida, esses resíduos orgânicos são bastante prejudiciais ao equilíbrio ecológico cavernícola.
- Uso de portões na entrada de cavernas – Registra-se o fato de que alguns proprietários das áreas onde se encontram cavernas procuradas turisticamente instalaram portões na entrada das cavidades como forma de controlar o acesso das

peças. Esses portões além de provocarem alterações estruturais, podem significar conflito com a fauna cavernícola e nem sempre são eficazes, sobretudo se existem outras entradas ou o pÓrtico é muito grande.

Os *represamentos*, como são denominadas as formações principalmente de grandes lagos destinados ao abastecimento ou geração de energia elétrica, configuram-se como potencialmente danosos aos ambientes cavernícolas, especialmente quando ocorrem em áreas cársticas bem desenvolvidas e complexas. Em muitos casos foram formados lagos, sem que houvesse qualquer cuidado com a ocorrência de patrimônio espeleológico na área. Desta forma, ressalta-se que não apenas ocorreram perdas do patrimônio espeleológico, como também arqueológico, paleontológico e faunístico associados aos ambientes cavernícolas.

Sobre a questão dos represamentos, é importante destacar que a construção de barragens em regiões cársticas é em geral bastante complexa, problemática e com um grau significativo de incertezas. Isso se deve as características do tipo de drenagem dos terrenos cársticos, que é capturada no subterrâneo, onde nem sempre é possível determinar as rotas de fluxo ou a presença de grandes vazios. Existem vários relatos na literatura internacional sobre as dificuldades ou técnicas avançadas de como se conter a água em regiões com tantos “buracos de fugas” (cavidades subterrâneas), ou de consequências inesperadas do represamento, tal como o alagamento de regiões bem distantes da área projetada. Os impactos ao patrimônio espeleológico e as áreas cársticas, provocados por represamentos são em geral bastante drásticos, destacando-se:

- Supressão por alagamento (total ou parcial) – É um dos impactos mais evidentes. Ocorre o alagamento total de cavernas, sobretudo no caso das cavidades que estão associadas ao sistema fluvial principal, que será alvo do barramento. Geralmente os casos de alagamento parcial ocorrem em cavernas pouco relacionadas ao sistema atual de drenagem (cavernas fósseis ou senis), o impacto pode ser igualmente danoso, principalmente à fauna cavernícola, que tem um dos principais locais de sua manutenção afetados, o substrato (pavimento).
- Mudanças na dinâmica hídrica do carste – É um dos principais impactos da inundação de grandes áreas, podendo provocar a agregação de inúmeras cavernas em sistemas subterrâneos, redução da vazão que pode gerar uma série de distúrbios como, por exemplo, a transformação de antigas ressurgências em sumidouros. Ainda pode causar o secamento de lagoas cársticas ou de lagos subterrâneos antigamente regidos pelo nível natural do aquífero ou até mesmo a ocorrência de abatimentos de cavernas anteriormente inundadas.

- Fugas de água e surgimento de condutos – Podem ocorrer fugas de água no interior da área represada, às vezes de forma generalizada, inclusive pondo em risco o empreendimento e a segurança do entorno. Em alguns casos, a formação de novas galerias ou a desobstrução de condutos previamente preenchidos por sedimentos pode ocorrer em virtude da pressão da lâmina d'água resultando em ressurgências inesperadas em locais distantes do represamento.
- Diminuição de recursos orgânicos na caverna – De forma indireta, com a instalação de grandes lagos em áreas anteriormente vegetadas, há a possibilidade de ocorrer uma diminuição de recursos orgânicos na caverna em função da redução das colônias de morcegos, que perdem importantes fontes de alimento (supressão das matas).
- Impactos na instalação da obra – Podem ocorrer nestes casos problemas relacionados à vibração (detonações e trânsito de máquinas pesadas) como abatimentos, rachaduras, quebras de espeleotemas, entre outros, e também problemas erosivos, como assoreamentos causados pela grande remobilização de solos.

Com relação às *obras lineares e outras obras de engenharia*, como construção de estradas, ferrovias, linhas de transmissão, gasodutos, oleodutos e outras, em muitas vezes pode haver conflitos entre a preservação espeleológica e a localização, instalação e operação destes empreendimentos. Inclusive existem casos em que pode ocorrer a destruição indevida de cavernas, principalmente quando não são realizados, nas áreas que serão afetadas, os necessários estudos e levantamentos espeleológicos exigidos por lei. Há uma série de impactos que são próprios de grandes obras de engenharia que podem afetar o ambiente cavernícola e a área de carste, de forma bastante incisiva, são eles:

- Supressão de cavernas – Muitas vezes, quando não há uma prospecção espeleológica satisfatória em toda a extensão da obra, pode acontecer à destruição de cavernas ou trechos, por conta das intervenções mais drásticas, como detonações (vibrações e sobrepressão acústica) e terraplenagem (soterramento).
- Rachaduras, deslocamentos de camadas da rocha, colapso de galerias e quebras de espeleotemas – As vibrações e abalos provocados pelas obras de engenharia podem causar danos estruturais às cavernas. Existem vários relatos na literatura sobre estes aspectos, com a inserção de obras lineares em áreas pouco estudadas que abrigam vazios internos que se colapsam representando inclusive danos à própria infraestrutura.
- Supressão vegetal – Geralmente é retirada a vegetação, não apenas no local da obra, mas também em suas margens, o que varia de acordo com o tipo de empreendimento

(rodovia, estrada simples, oleoduto, etc.). A ocorrência deste tipo de intervenção na área de entorno de cavernas pode ser bastante danosa, especialmente à questão da infiltração de água, aporte de recursos orgânicos, estabilidade micro-climática e formação dos depósitos sedimentares.

- Problemas na dinâmica hídrica – São provocados devido à retirada da vegetação e modificação na morfologia das áreas em obra, como por exemplo, a formação de aterros. Essas intervenções ocasionam entupimentos e consequentes alagamentos ou secamentos, alteração de cursos de água naturais ou destruição de áreas de recarga. Também ocorrem problemas de erosão e especialmente o assoreamento. É comum também a formação de enxurradas e fluxos concentrados, por conta da impermeabilização das áreas e escoamento inadequado. Especialmente nos casos de asfaltamento, cujas águas mal dissipadas e direcionadas para áreas de cavernas podem induzir impactos como a remoção de sedimentos e outras alterações na morfologia interna das cavernas.
- Disseminação de poluentes – Com a operação dos empreendimentos, como as rodovias, ferrovias e até mesmo com os dutos, podem ocorrer acidentes bastante perigosos aos ambientes cársticos, sobretudo em função da sua natureza mais sensível e de rápida disseminação de poluentes. É comum ocorrerem derramamentos de poluentes, combustíveis e demais materiais tóxicos no leito de tais infraestruturas. Nas áreas cárstica não existe um solo filtrante que minimize os danos por poluentes. Desta forma, além de representar um risco ao ecossistema cavernícola, também pode contaminar o aquífero cárstico. Cavernas muito próximas às estradas sofrem também com a poluição sonora, além de mais expostas ao ataque de vândalos.

A urbanização, como processo de expansão e consolidação de áreas urbanas, com a instalação de infraestruturas e a abertura de novos loteamentos, geralmente constitui-se como atividade potencialmente lesiva aos ambientes cársticos, especialmente as cavernas. Além disso, deve se destacar que cerca de 25% das águas para abastecimento público no mundo são captadas de aquíferos cársticos (GILLIESON, 1996 *apud* FERREIRA, C. F., 2010). Desta forma, é bastante preocupante a situação de que a cada dia vem aumentando a pressão sobre tais áreas em virtude do crescimento urbano exagerado e não planejado das cidades. Os principais impactos ao patrimônio espeleológico e a região cárstica, relacionados à urbanização são:

- Impactos da instalação de loteamentos e indústrias – As operações de loteamento frequentemente causam diversos distúrbios pelos aterros, operação de máquinas,

desmatamentos, erosão, entre outras ações. Pode ocorrer o soterramento de estruturas cársticas importantes, intrinsecamente ligadas às cavernas, como sumidouros, dolinas e até surgências. Tais impactos ocorrem também pela instalação de outros empreendimentos, como as indústrias.

- Superexploração de águas subterrâneas – A captação descontrolada e excessiva de águas do aquífero cárstico é um problema bastante sério que pode repercutir em tragédias, como o dolinamentos de colapsos em áreas habitadas. Além de resultar em uma série de problemas como o secamento de lagoas cársticas ou lagos internos, pode também facilitar o abatimento de áreas antes totalmente alagadas.
- Alterações na dinâmica hídrica – Em relação aos aquíferos cársticos em regiões urbanas, como consequência do contínuo processo de urbanização de terrenos de carste, ocorre a impermeabilização de extensas áreas, inclusive de recarga, que podem induzir ora o secamento de cavernas, ora a inundação de trechos a montante.
- Disseminação de poluentes – Com a urbanização das regiões de carste, é comum ocorrer a contaminação de águas cársticas por efluentes domésticos ou industriais. Em alguns casos, ocorre o lançamento de efluentes diretamente nos solos ou sumidouros, que acabam funcionando como verdadeiros esgotos, desencadeando demais impactos. Um fator adicional de contaminação em muitas áreas urbanas é a disposição irregular do lixo em bota-foras, lixões improvisados entre outros, também usual no interior das próprias cavernas ou dolinas. Outra forma de poluição é a sonora, especialmente quando as cavernas se localizam muito próximas às cidades ou indústrias. Inclusive devido à proximidade com centros urbanos, ocorrem problemas com vandalismo em cavernas.
- Utilização inadequada de cavernas – Em áreas urbanas e adjacentes, observa-se que em alguns casos as cavernas são utilizadas como moradias improvisadas, ou como depósitos de tralhas diversas como materiais de construção ou até mesmo garagem (Gruta da Garagem em Pains-MG) ou campo de futebol (Gruta Pontes do Sumidouro, Campo Formoso-BA).

3- PROTEÇÃO DO PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO NO BRASIL

3.1- “Desenvolvimento Sustentável”, Interdisciplinaridade e Espeleologia

O homem é hoje o mais poderoso agente individual da alteração das condições na superfície terrestre. (DREW, 1986)

Atualmente são grandes as preocupações a nível global sobre a relação dos seres humanos com seu meio ambiente. Para Camargo (2003), o mundo encontra-se numa crise ambiental complexa, e que se está chegando a um momento decisivo para os indivíduos, a sociedade e para a civilização em geral. “Há sinais evidentes de uma crise de insustentabilidade ecológica e social que se arma em todo planeta”, que é consequência do modo de produção/consumo iniciado com a Revolução Industrial, premeditadamente acentuado pelo capitalismo após a Segunda Guerra Mundial, e que se destaca entre as suas limitações “o fato de ele atender às necessidades humanas apenas de forma parcial e ainda degenerar sua base de recursos.”

Diante da crise socioambiental em que vivemos, a sociedade humana enfrentará, no século XXI, a difícil tarefa de forçar uma nova relação do homem com a natureza e dos seres humanos entre si. O objetivo é caminhar em direção a um desenvolvimento que integre interesses sociais e econômicos com as possibilidades e os limites que a natureza define. (CAMARGO, 2003)

Os limites da natureza com relação à atual gestão dos seus recursos, empreendido pela sociedade contemporânea é considerado por muitos pesquisadores como insustentável. Segundo Odum e Barrett (2007) a conceituação de sustentabilidade deve ser diretamente relacionada com a concepção de capacidade de suporte. “O termo sustentabilidade é cada vez mais usado como um guia para futuro desenvolvimento, pois muito do que os humanos estão hoje fazendo na área de gestão de consumo e ambiente é obviamente insustentável”. Desta forma, para que se seja sustentável é necessário não comprometer a capacidade de suporte dos recursos naturais do planeta, ou seja, que a humanidade respeite os limites da natureza na atualidade e para o futuro. Conforme Drew (1986), o homem “vem procurando, em ritmo acelerado, modificar o ambiente para se contentar a si mesmo, em vez de mudar seus hábitos para melhor se adaptar ao ambiente”, daí a relevância de conceitos como o do uso sustentável. A concepção de “desenvolvimento sustentável” surge durante a década de 1980, como consequência de intensas discussões e de críticas referentes ao modelo de crescimento econômico vigente. Ainda de acordo com Camargo (2003), essa nascente concepção “revelou-

se uma nova maneira de perceber as soluções para os problemas globais, que não se reduzem apenas à degradação ambiental, mas incorporam também dimensões sociais, políticas e culturais”. Enquanto conceito, o “desenvolvimento sustentável” tem evoluído, desde o seu aparecimento, de maneira a abranger em si todas as questões que envolvem a relação desenvolvimento humano e meio ambiente. O desenvolvimento sustentável “possui a dimensão crítica da necessidade de coexistência e coevolução dos seres humanos e entre si e com as demais formas de vida do planeta”. Como sinônimo usa-se também o termo ecodesenvolvimento em diversos países latino-americanos, europeus e asiáticos, podendo igualmente ser definido como “o desenvolvimento socialmente desejável, economicamente viável e ecologicamente prudente”.

O desenvolvimento sustentável, que é hoje considerado mito ou utopia por muitos, pode vir a ser – muito mais rapidamente do que se possa talvez esperar – nossa única opção viável e segura para alcançar um projeto coerente de civilização e assegurar o futuro da humanidade. (CAMARGO, 2003)

O polêmico debate sobre o termo “desenvolvimento sustentável” travado por governos, empresários, ambientalistas, estudiosos e teóricos na área das Ciências Ambientais, ilustra bem a dificuldade de conseguir conciliar o desenvolvimento econômico com o uso racional dos recursos naturais.

A problemática abordada na pesquisa pertence à área das ciências ambientais, e como tal, fundamenta-se em uma abordagem interdisciplinar para a devida compreensão da questão. Na abordagem teórica, trabalha-se a interdisciplinaridade através da discussão dialógica com vários autores de concepções e áreas distintas, buscando integralizar as múltiplas partes conceituais que são essenciais a compreensão holística desta pesquisa na Área das Ciências Ambientais.

Morin (2001) em seu livro *Introdução ao Pensamento Complexo* trás a compreensão da importância do pensamento complexo na construção da produção científica. Principalmente para a área das Ciências Ambientais, que tem a interdisciplinaridade como paradigma necessário ao entendimento da amplitude de suas questões holísticas. As idéias de Morin sobre a complexidade, dão subsídio teórico à elaboração desta pesquisa, em suas discussões sobre as concepções teóricas dos sistemas, da organização, da informação e da cibernética, não completude, disciplinaridade, interdisciplinaridade, e transdisciplinaridade.

Colaborando na discussão teórica para o desenvolvimento de trabalhos interdisciplinares, especialmente na área das Ciências Ambientais, Brugger (2006) destaca a proposta de visão sistêmica de integrar as partes ao todo, a compreensão que a "crise

ambiental" é a crise de um paradigma, de um projeto, de um modelo de sociedade. A necessidade de trabalhar o diálogo com vários autores e de áreas de conhecimento distintas. Tentar (re)unir o conhecimento sobre o meio ambiente e o homem, que foram a séculos compartimentalizadas (disciplinarizadas) de forma mecanicista, e que diante da problemática atual exige abordagens inter-trans-disciplinares para compreender as possíveis soluções destas complexidade.

Dentro deste contexto de “desenvolvimento sustentável”, ciências ambientais, e interdisciplinaridade, a espeleologia encontra-se na atualidade totalmente pautada no cerne das discussões destas importantes concepções. De acordo com o que foi exposto no capítulo 1 desta dissertação, a espeleologia enquanto saber, é composta necessariamente por um conjunto de várias ciências, que somente através de um diálogo interdisciplinar pode contemplar a integralidade imprescindível as questões pertinentes a espeleologia, o patrimônio espeleológico e seu “desenvolvimento sustentável”.

3.2- A Política Nacional do Meio Ambiente e o Licenciamento Ambiental

No Brasil, como em muitos países do mundo, busca-se obter o ostentado “desenvolvimento econômico”, produzindo e consumindo bens e serviços. Para isso a sociedade interage com o meio ambiente, predominantemente explorando, transformando, consumindo, poluindo e degradando os recursos naturais de uma forma que compromete a sustentabilidade da vida humana e de outras espécies no planeta Terra.

Diante deste dilema sócio-econômico-ambiental o Brasil, seguindo o exemplo de países desenvolvidos, constituiu a partir da década de 1980 o seu Sistema Nacional do Meio Ambiente, que congrega órgãos públicos das esferas federal, estadual e municipal, incluindo o Distrito Federal, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental.

Em 31 de agosto de 1981 foi assinada a Lei Federal nº 6.938 que estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e cria o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Merece ser observado no SISNAMA o papel do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que segundo a nova redação do Art.6º da Lei Federal nº 6.938/1981 da PNMA (alteração feita pela Lei nº 8.028, de 1990), é órgão consultivo e deliberativo do SISNAMA, que tem a finalidade de assessorar, estudar e propor, diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida.

Art.2º A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana. (BRASIL,1981)

A Lei Federal nº 6.938/1981 em seu Art.9º, elenca os vários instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, dentre eles merece especial destaque o Licenciamento Ambiental como um dos principais instrumentos desta política. Pois, é através do licenciamento ambiental que as administrações públicas federal, distrital, estaduais e municipais exercem o controle legal sobre atividades humanas efetivas ou potencialmente poluidoras do meio ambiente, com base na legislação ambiental procurando conciliar o desenvolvimento econômico com o uso racional dos recursos naturais.

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 237, de 19 de dezembro de 1997, que dispõem sobre a revisão dos procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental, de forma a efetivar a utilização do sistema de licenciamento como instrumento de gestão ambiental, teve a preocupação de estabelecer a definição legal para “licenciamento ambiental” e “licença ambiental”.

Art. 1º - Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I - Licenciamento Ambiental: procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

II - Licença Ambiental: ato administrativo pelo qual o órgão ambiental competente, estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades utilizadoras dos recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental. (CONAMA, 1997)

Ainda sobre o licenciamento ambiental, este se caracteriza por ser uma ação de competência exclusiva dos órgãos integrantes do SISNAMA, com normas e critérios estabelecidos pelo CONAMA para atividades efetiva ou potencialmente poluidoras. É necessário o prévio licenciamento ambiental, para a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental. É obrigatória a publicização dos pedidos de licenciamento, renovação e a respectiva concessão. Inclusive está condicionada ao licenciamento ambiental e ao

cumprimento de normas, critérios e padrões do CONAMA, a aprovação de projetos habilitados em determinados financiamentos e incentivos governamentais.

O ato do licenciamento ambiental está fundamentado e pautado em um conjunto de legislações e normas que buscam avaliar a viabilidade ambiental de uma enorme variedade de atividades humanas, com as suas distintas especificidades, e tem como pressuposto legal tentar compatibilizar o desenvolvimento sócio-econômico com o controle e proteção do meio ambiente.

3.3- Histórico da Legislação Pertinente às Cavernas

O interesse do poder público na proteção e conservação de cavernas foi manifestado oficialmente pela primeira vez em 1986 através da Resolução do CONAMA nº 009/1986, que criou uma Comissão Especial para tratar de assuntos relativos à preservação do Patrimônio Espeleológico. No ano de 1987, como resultado dos trabalhos da referida Comissão foi publicado a Resolução do CONAMA nº 005/1987, que aprova o “Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico”, em que se destaca o item 3º que estabelece “que seja incluída na Resolução CONAMA nº 001/1986, a obrigatoriedade de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental nos casos de empreendimento potencialmente lesivos ao Patrimônio Espeleológico Nacional”.

Com a promulgação da Constituição Federal de 1988, o Artº 20 inciso X estabelece que as cavidades naturais subterrâneas são “bens da União”. Além do Art. 225 que trata do Meio Ambiente, segundo muitos autores, outro artigo da Constituição que também é pertinente às condições das cavernas no Brasil, é o Art. 216 que trata do patrimônio cultural.

Art. 216. Constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, nos quais se incluem:

I - as formas de expressão;

II - os modos de criar, fazer e viver;

III - as criações científicas, artísticas e tecnológicas;

IV - as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico-culturais;

V - os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico. (BRASIL, 1988)

No ano de 1990, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) através da Portaria nº 887/1990 estabeleceu as principais normas para a gestão das cavernas brasileiras, com destaque para o Art. 3º, que limitou o uso das cavidades

naturais subterrâneas apenas a estudos de ordem técnico-científica, bem como atividades de cunho espeleológico, étnico-cultural, turístico, recreativo e educativo. Ainda no mesmo ano, foi publicado o Decreto Federal nº 99.556/1990 que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, com destaque para texto original do Art. 1º, que posteriormente foi alterado pelo Decreto Federal nº 6.640/2008.

Art. 1º As cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional constituem patrimônio cultural brasileiro, e, como tal, serão preservadas e conservadas de modo a permitir estudos e pesquisas de ordem técnico-científica, bem como atividades de cunho espeleológico, étnico-cultural, turístico, recreativo e educativo. [Decreto nº 99.556/90 - sem alteração] (BRASIL, 1990)

Em 2004 é publicada a Resolução do CONAMA nº 347/2004, que em seus considerandos afirma a necessidade de se aprimorar e atualizar o Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico, e incorporar ao licenciamento ambiental das atividades que afetem ou possam afetar o patrimônio espeleológico, os instrumentos de gestão ambiental do patrimônio espeleológico, visando o uso sustentável e a melhoria contínua da qualidade de vida das populações residentes no entorno de cavidades naturais subterrâneas. Essa resolução trouxe pela primeira vez o conceito de cavidade natural subterrânea relevante, que até então não tinha sido considerada na legislação anteriormente estabelecida. De acordo com o inciso II, do art. 2º, da resolução acima, são relevantes as cavidades naturais subterrâneas que apresentem “significativos atributos ecológicos, ambientais, cênicos, científicos, culturais ou socioeconômicos, no contexto local ou regional”.

Ocorre em 2008 a publicação do Decreto Federal nº 6.640/2008 que alterou de forma significativa o Decreto nº 99.556/1990 que trata da proteção das cavernas no Brasil. O Decreto nº 6.640/2008 prevê a classificação das cavernas segundo quatro graus de relevância: máximo, alto, médio e baixo. Segundo o decreto, as cavernas de relevância máxima “não podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis”, mas as cavernas classificadas com grau de relevância alto, médio ou baixo poderão “ser objeto de impactos negativos irreversíveis, mediante licenciamento ambiental”. Os atributos (parâmetros) para a definição da classificação das cavernas de relevância máxima foram estabelecidos dentro do Decreto nº 6.640/2008, porém os demais graus de relevância ficaram para serem detalhados em ato normativo do Ministro de Estado do Meio Ambiente, que no caso ocorreu através da Instrução Normativa nº 02/2009 do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Na prática o Decreto nº 6.640/2008 possibilita a supressão (destruição) total ou parcial de cavernas no país, de forma legal através do processo de licenciamento ambiental,

situação essa que não seria possível de ocorrer com a redação anterior (original) do Decreto nº 99.556/1990 que dispõe sobre a proteção das cavernas.

Art. 1º Os arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º do Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, passam a vigorar com a seguinte redação:

“Art. 1º As cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional deverão ser protegidas, de modo a permitir estudos e pesquisas de ordem técnico-científica, bem como atividades de cunho espeleológico, ético-cultural, turístico, recreativo e educativo.

[...]

“Art. 2º A cavidade natural subterrânea será classificada de acordo com seu grau de relevância em máximo, alto, médio ou baixo, determinado pela análise de atributos ecológicos, biológicos, geológicos, hidrológicos, paleontológicos, cênicos, histórico-culturais e socioeconômicos, avaliados sob enfoque regional e local.

[...]

“Art. 3º A cavidade natural subterrânea com grau de relevância máximo e sua área de influência não podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis, sendo que sua utilização deve fazer-se somente dentro de condições que assegurem sua integridade física e a manutenção do seu equilíbrio ecológico.”

(NR)

“Art. 4º A cavidade natural subterrânea classificada com grau de relevância alto, médio ou baixo poderá ser objeto de impactos negativos irreversíveis, mediante licenciamento ambiental.

[...]

“Art. 5º A metodologia para a classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas, considerando o disposto no art. 2º, será estabelecida em ato normativo do Ministro de Estado do Meio Ambiente, ouvidos o Instituto Chico Mendes, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA e demais setores governamentais afetos ao tema, no prazo de sessenta dias, contados da data de publicação deste Decreto.” (NR)

Art. 2º Fica acrescido os Arts. 5-A e 5-B ao Decreto nº 99.556, de 1990, com a seguinte redação:

“Art. 5º-A – A localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades, considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores de cavidades naturais subterrâneas, bem como de sua área de influência, dependerão de prévio licenciamento pelo órgão ambiental competente.” (BRASIL, 2008)

Segundo a análise de Piló e Auler (2010), é possível identificar três momentos na legislação que trata das cavernas no Brasil. O primeiro momento está relacionado às primeiras resoluções do CONAMA nº 09/1986 e nº 05/1987, a Portaria nº 887 do IBAMA e o Decreto nº 99.556, estes últimos publicados em 1990, caracteriza-se como o “momento inicial, com perfil altamente conservador e restritivo quanto ao uso das cavernas brasileiras, que foram consideradas, de forma indiscriminada, patrimônio espeleológico brasileiro”. Os autores definem o segundo momento como sendo composto pela Resolução do CONAMA nº 347 de 2004, “que juntamente com o Projeto de Lei nº 2.832/2003 e o último parecer da Advocacia Geral da União, formam um conjunto de documentos de conteúdo transicional, entre uma fase de legislação muito restritiva, para uma fase mais flexível quanto ao uso das cavernas brasileiras”. O terceiro momento é compreendido pelo Decreto nº 6.640 de 2008 e a Instrução

Normativa nº 2 do MMA publicada em 2009, “que através do estabelecimento de um método criterioso de análise de relevância das cavernas brasileiras, busca identificar aquelas merecedoras de conservação e que formarão o Patrimônio Espeleológico Brasileiro”.

No caso específico do Estado do Ceará, deve se registrar que a Constituição estadual promulgada em 1989, em seu Art. 23 estabelece que as praias são bens públicos de uso comum e inalienáveis, cabendo ao Estado e aos Municípios costeiros a responsabilidade de promover a sua proteção, incluindo as grutas marinhas e os monumentos que integram o patrimônio natural, histórico, paleontológico, espeleológico, étnico, cultural e paisagístico, situados nas áreas de praia.

Art. 23. As praias são bens públicos de uso comum, inalienáveis e destinadas perenemente à utilidade geral dos seus habitantes, cabendo ao Estado e a seus Municípios costeiros compartilharem das responsabilidades de promover a sua defesa e impedir, na forma da lei estadual, toda obra humana que as possam desnaturar, prejudicando as suas finalidades essenciais, na expressão de seu patrimônio natural, histórico, étnico e cultural, incluindo, nas áreas de praias:

[...]

VI – promontórios, costões e grutas marinhas;

[...]

VIII – monumentos que integram o patrimônio natural, histórico, paleontológico, espeleológico, étnico, cultural e paisagístico.

Parágrafo único. Entende-se por praia a área coberta e descoberta periodicamente pelas águas marítimas, fluviais e lacustres, acrescidas da faixa de material detrítico, tal como areias, cascalhos, seixos e pedregulhos, até o limite onde se inicie a vegetação natural ou outro ecossistema, ficando garantida uma faixa livre, com largura mínima de trinta e três metros, entre a linha da maré máxima local e o primeiro logradouro público ou imóvel particular decorrente de loteamento aprovado pelo Poder Executivo Municipal e registrado no Registro de Imóveis do respectivo Município, nos termos da lei. (CEARÁ, 1989)

Por fim, deve-se ressaltar no contexto da espeleologia brasileira e de sua legislação pertinente, a atuação do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), que é um dos centros nacionais de pesquisa e conservação existentes que compõem a estrutura atual do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), instituídos pela Portaria do ICMBio nº 78/2009. Segundo esta portaria, o CECAV tem o “objetivo de realizar pesquisas científicas e ações de manejo para conservação dos ambientes cavernícolas e espécies associadas, assim como auxiliar no manejo das Unidades de Conservação federais com ambientes cavernícolas”. De acordo com as informações do CECAV, contidas em seu site na internet, ele foi instituído originalmente no IBAMA, em 5 de junho de 1997, como Centro Especializado voltado ao Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas. E em 2007, com a criação do ICMBio, por meio da Lei nº 11.516/2007, a maioria dos centros especializados do IBAMA foi incorporada à estrutura organizacional do novo Instituto, dentre eles o CECAV.

Ao longo de sua existência, o CECAV construiu uma identidade e conquistou espaço, criou laços com os mais diversos segmentos da sociedade, atuando de forma conjunta com os diferentes entes que compõem o SISNAMA e atendendo às determinações ministeriais para condução dos processos de discussão interinstitucionais, especialmente voltados ao atendimento da legislação ambiental relativa ao Patrimônio Espeleológico. Em consequência, hoje o CECAV é reconhecido como principal responsável pela conservação do Patrimônio Espeleológico Nacional, destacando-se como interlocutor governamental no campo da espeleologia. (CECAV-ICMBio)

3.4- Licenciamento Ambiental, Conservação e as Cavidades Naturais Subterrâneas

Observando inicialmente a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei Federal nº 6.938 em 31 de agosto de 1981, vem merecendo destaque dentre os instrumentos elencados pela PNMA no seu Art. 9º, com grande importância para o planejamento e gestão ambiental do patrimônio espeleológico: o inciso IV, licenciamento ambiental; e o inciso VI, criação de espaços territoriais especialmente protegidos, como as Unidades de Conservação (BRASIL, 1981).

O patrimônio espeleológico brasileiro está legalmente amparado por um conjunto de legislações ambientais e legislações pertinentes à espeleologia, que buscam a proteção e conservação deste importante patrimônio natural.

Art. 5º-A. A localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades, considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores de cavidades naturais subterrâneas, bem como de sua área de influência, dependerão de prévio licenciamento pelo órgão ambiental competente. (BRASIL, 2008)

O Decreto Federal nº 6.640/2008 (dá nova redação ao Decreto nº 99.556/1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional) estabelece a obrigatoriedade de licenciamento ambiental das atividades que afetem ou possam afetar as cavidades naturais subterrâneas ou a sua área de influência, Decreta que as cavidades naturais subterrâneas serão classificadas em 4 (quatro) tipos, de acordo com seu grau de relevância em máximo, alto, médio ou baixo, com base na análise de determinados atributos e especificidades, que estão elencados no decreto modificado.

Na classificação do grau de relevância das cavernas são considerados os atributos ecológicos, biológicos, geológicos, hidrológicos, paleontológicos, cênicos, histórico-culturais e socioeconômicos, avaliados sob enfoque regional e local. Os estudos espeleológicos para determinar o grau de relevância das cavernas impactadas deverão ocorrer a expensas do responsável pelo empreendimento ou atividade. A classificação do grau de relevância da

cavidade natural subterrânea deverá ser feito pelo órgão ambiental competente, responsável pelo processo de licenciamento ambiental, observando os critérios estabelecidos pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA). A Instrução Normativa do MMA nº 02, de 20 de agosto de 2009, estabelece de uma forma bastante criteriosa e complexa, a metodologia para a classificação do grau de relevância das cavernas.

Segundo o referido Decreto nº 6.640/2008 as cavidades com grau de relevância máximo e sua área de influência “não podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis, sendo que sua utilização deve fazer-se somente dentro de condições que assegurem sua integridade física e a manutenção do seu equilíbrio ecológico”. Já todas as demais cavidades classificadas com grau de relevância alto, médio ou baixo poderão “ser objeto de impactos negativos irreversíveis, mediante licenciamento ambiental” (BRASIL, 2008). No caso de empreendimento que ocasione impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea, de acordo com o grau de relevância da cavidade impactada (alto, médio ou baixo), o decreto estabelece condicionantes para o licenciamento ambiental do empreendimento ou atividade:

- Grau de Relevância ALTO – como condicionante para o licenciamento ambiental, o empreendedor deverá adotar medidas e ações para assegurar a preservação permanente de duas cavidades testemunho. Elas são cavernas que tem o mesmo grau de relevância, a mesma litologia e com atributos similares às cavidades que sofreram impacto negativo irreversível, sendo assim consideradas testemunho. Sempre que possível, a cavidade testemunho deverá ser efetivada em área contínua e no mesmo grupo geológico da cavidade que sofreu o impacto. Caso na área do empreendimento não existam outras cavidades representativas que possam ser preservadas sob a forma de cavidades testemunho, o ICMBio poderá definir, de comum acordo com o empreendedor, outras formas de compensação.
- Grau de Relevância MÉDIO – o empreendedor deverá adotar medidas e financiar ações, nos termos definidos pelo órgão ambiental competente, que contribuam para a conservação e o uso adequado do patrimônio espeleológico brasileiro, especialmente das cavidades naturais subterrâneas com grau de relevância máximo e alto.
- Grau de Relevância BAIXO – o empreendedor não estará obrigado a adotar medidas e ações para assegurar a preservação de outras cavidades naturais subterrâneas.

Quando o empreendimento provocar impactos negativos irreversíveis em cavernas, a compensação ambiental prevista na Lei nº 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), deverá ser prioritariamente destinada à criação e implementação de unidade de conservação em área de interesse

espeleológico, sempre que possível na região do empreendimento (Decreto Federal nº 6.640/2008).

A Resolução do CONAMA nº 347, de 10 de setembro de 2004, institui o Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE) e estabelece procedimentos de uso e exploração do patrimônio espeleológico nacional. Com base nesta resolução, os órgãos ambientais deverão repassar ao CANIE as informações espeleológicas existentes nos processos de licenciamento ambiental.

O responsável pelo empreendimento ou atividade que em seu processo de licenciamento ambiental conste a ocorrência de cavidade natural subterrânea, deverá realizar o cadastramento prévio no CANIE dos dados do patrimônio espeleológico mencionados no processo de licenciamento.

Quando da utilização de ambiente constituído pelo patrimônio espeleológico, realizado por empreendimentos ou atividades turísticos, religiosos ou culturais, deverão respeitar o Plano de Manejo Espeleológico, elaborado pelo órgão gestor ou o proprietário da terra onde se encontra a caverna, aprovado pelo órgão ambiental competente. As cavidades localizadas em propriedades privadas o uso das mesmas também dependerá de plano de manejo espeleológico submetido à aprovação do órgão ambiental competente.

O plano de manejo espeleológico é o documento técnico que, de acordo com os objetivos gerais da área, estabelece o seu zoneamento e as normas de uso da área e o manejo dos recursos naturais, se for o caso, orienta inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da cavidade natural subterrânea.

Já o zoneamento espeleológico cumpre o papel de definir os setores ou zonas em uma caverna, objetivando o manejo e as normas específicas, para proporcionar os meios e as condições de efetividade dos objetivos do manejo.

No caso de ocorrência de sítios arqueológicos e paleontológicos junto à cavidade natural subterrânea, o órgão ambiental licenciador deverá comunicar o fato aos órgãos competentes responsáveis pela gestão e proteção destes componentes.

A realização de atividades de pesquisa técnico-científica em cavernas que impliquem em coleta ou captura de material biológico ou mineral, ou ainda de potencial interferência no patrimônio espeleológico, dependerão de prévia autorização do órgão ambiental competente.

Quando o pedido de licença ou autorização, relativo à questão espeleológica, for indeferido pelo órgão ambiental competente, este deverá comunicar a decisão ao

empreendedor e aos órgãos reguladores da atividade em questão, e também ao Ministério Público, num prazo de até 30 dias.

A exigência de anuência prévia do IBAMA para processos de licenciamento ambiental relativo à “cavidade natural subterrânea relevante ou de sua área de influência”, prevista na Resolução do CONAMA nº 347/2004, no Art. 4º §1º, foi revogada pela Resolução do CONAMA nº 428, de 17 de dezembro de 2010.

A Portaria do MMA nº 358, de 30 de setembro de 2009, que institui o Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico (PNCPE), coordenado pelo ICMBio, que tem como objetivo desenvolver estratégia nacional de conservação e uso sustentável do patrimônio espeleológico brasileiro, apresenta vários pontos relevantes, merecendo neste estudo se destacar algumas questões. Um dos princípios do programa é que a instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente deverá ser precedida de estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade. E a valorização do Patrimônio espeleológico, “bem da sociedade brasileira”, como uma das diretrizes gerais do PNCPE. Dentre as metas iniciais elencadas no programa destaca-se: a criação 30 Unidades de Conservação (UC) federais com o objetivo de proteger cavidades naturais subterrâneas de significativa importância ecológica e cênica; programa de pesquisa aplicado à conservação e manejo de cavernas; e elaboração de norma para regulamentação do uso do patrimônio espeleológico com base no diagnóstico espeleológico brasileiro e em consonância com os princípios estabelecidos no PNCPE.

Para finalizar o elenco da legislação pertinente a espeleologia sobre licenciamento e conservação ambiental, apresenta-se como o seu mais recente componente, a Instrução Normativa do ICMBio nº 30, de 19 de setembro de 2012, que estabelece procedimento para a execução de compensação espeleológica de que trata o art. 4º, § 3º, do Decreto nº 99.556/1990, alterado pelo Decreto nº 6.640/2008.

É de fundamental relevância para a proteção do patrimônio espeleológico brasileiro, examinar com cuidado as possíveis consequências da publicação da Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011, que em seu texto estabelece as competências para o licenciamento ambiental entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios. Com base na referida Lei Complementar, observa-se que os Municípios poderão realizar o Licenciamento Ambiental de atividades ou empreendimento, “que causem ou possam causar impacto ambiental de âmbito local, conforme tipologia definida pelos respectivos Conselhos Estaduais de Meio Ambiente” (BRASIL, 2011). Perante esta situação, existe o eminente risco que os Municípios comecem a realizar licenciamento ambiental em

áreas de patrimônio espeleológico, sem o mínimo conhecimento sobre a relevância deste patrimônio, sua própria existência no município, a complexidade das questões que são relacionadas ao licenciamento ambiental e proteção destas áreas, e o cumprimento das exigências previstas na legislação.

Tendo em vista tudo que foi exposto, a “destruição de cavernas” ou como denomina a legislação “impacto negativo irreversível em cavidades naturais subterrâneas”, que antes não era permitido, e que hoje ocorre legalmente através do licenciamento, pode aumentar bastante em todo o país de forma institucionalizada pelo licenciamento ambiental municipal sem a devida efetivação das exigências legais existentes.

Etapas do processo de licenciamento ambiental relativo ao patrimônio espeleológico

O Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas (CECAV) dentre as suas ações realizadas para a conservação de cavernas, tem colaborado com importantes orientações para os procedimentos adequados de licenciamento ambiental relativo ao patrimônio espeleológico. Com base nestas orientações apresenta-se a seguir os referidos procedimentos de licenciamento.

No início do processo de licenciamento ambiental, deve-se observar com bastante cuidado o Termo de Referencia para a elaboração do estudo de avaliação de impacto ambiental, que deve solicitar informações se o empreendimento ou atividade configura-se como efetivo ou potencialmente poluidor ou degradador do patrimônio espeleológico ou de sua área de influência.

Sendo o empreendimento ou atividade, considerado efetivo ou potencialmente poluidor ou degradador do patrimônio espeleológico ou de sua área de influência, o órgão licenciador ambiental competente solicitará que, as expensas do empreendedor, sejam elaborados estudos espeleológicos para a avaliação dos impactos a este patrimônio e para a classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas, na área de influencia do empreendimento.

O estudo espeleológico deverá seguir a metodologia estabelecida na Instrução Normativa do MMA nº 02/2009. Inclusive o CECAV disponibiliza em seu site as *Orientações Básicas a Realização de Estudos Espeleológicos*, com o objetivo de colaborar no trabalho de levantamento espeleológico. Se necessário, será solicitado esclarecimento e complementação pertinente aos estudos, projetos e documentos apresentados no processo de licenciamento ambiental.

O órgão ambiental competente irá analisar e avaliar o grau dos impactos ao patrimônio espeleológico afetado, com base no art. 5º da Resolução do CONAMA nº 347/2004. E também irá analisar e classificar o grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas que existam na área do empreendimento e potencialmente afetadas pelo mesmo, de acordo com a metodologia estabelecida na Instrução Normativa do MMA nº 02/2009, e prevista no Decreto nº 99.556/1990 (alterado pelo Decreto nº 6.640/2008).

No caso em que, o empreendimento ou atividade ocasione impacto negativo irreversível a cavidade natural subterrânea, de acordo com o grau de relevância (alto, médio e baixo) da caverna impactada, e com base nos parágrafos do Art. 4º do Decreto nº 99.556/1990 (alterado pelo Decreto nº 6.640/2008), será definido que medidas compensatórias e ações deverão ser adotadas pelo empreendedor, para a conservação e uso adequado do patrimônio espeleológico.

Deve-se observar, a situação prevista pelo Art. 4º, § 3º, do Decreto alterado nº 99.556/1990, que é relativo a não existência de outras cavidades representativas, que possam ser preservadas sob a forma de cavidades testemunho, na área do empreendimento, e que o ICMBio poderá definir, de comum acordo com o empreendedor, outras formas de compensação. Neste caso, deverá ser aplicado os procedimentos para a execução de compensação espeleológica, estabelecidos pela Instrução Normativa do ICMBio nº 30/2012.

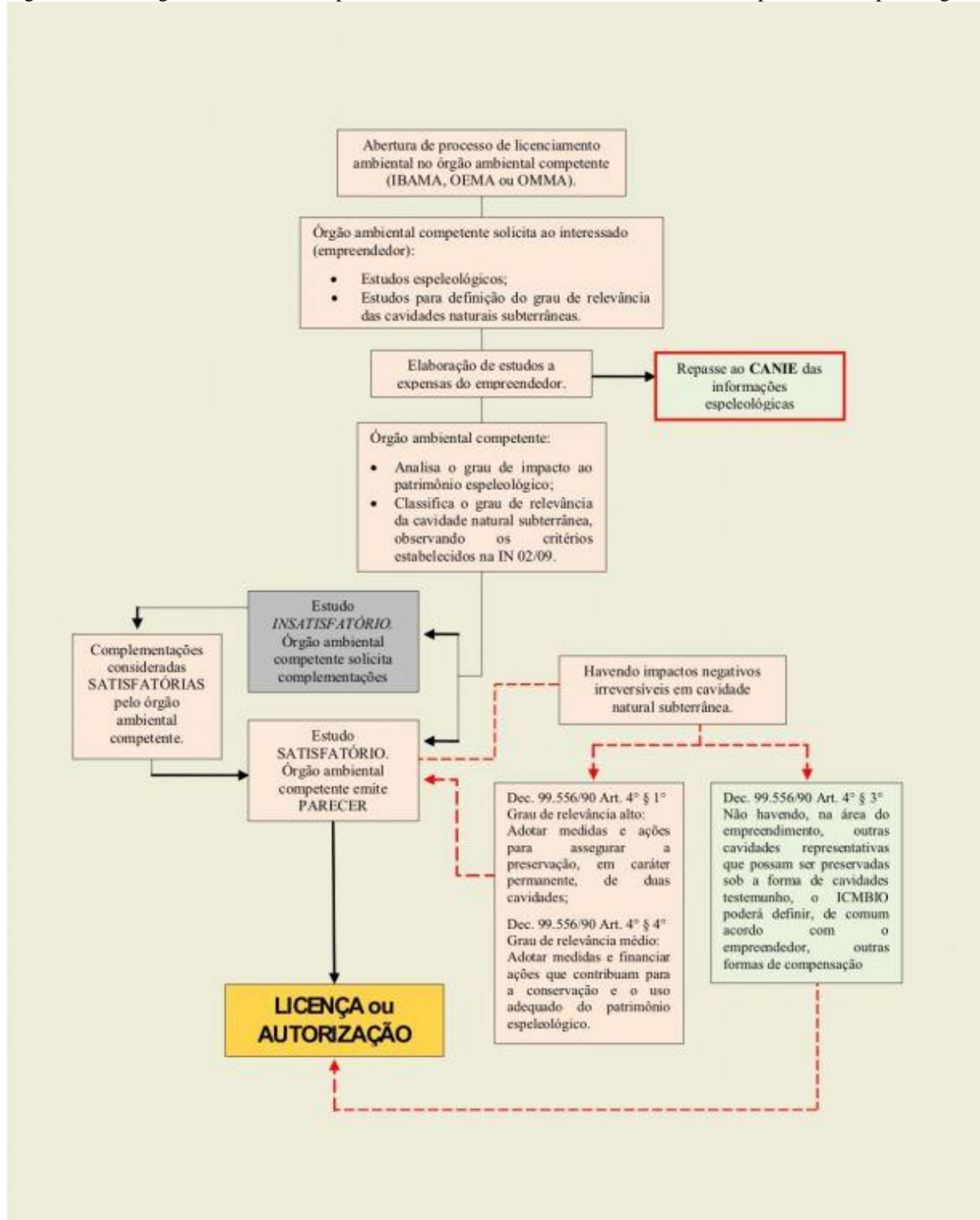
A compensação ambiental prevista no Art. 36 da Lei nº 9.985/2000 (SNUC), deverá ser de forma prioritária destinada à criação e implementação de unidade de conservação em área de interesse espeleológico, sempre que possível na região do empreendimento.

Será emitido pelo órgão ambiental competente um parecer técnico conclusivo e, quando couber, parecer jurídico, com a avaliação dos impactos ao patrimônio espeleológico afetado, a classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas e as formas de compensação, com base na análise dos estudos apresentados e observando os critérios estabelecidos no art. 5º da Resolução do CONAMA nº 347/2004, e na Instrução Normativa MMA nº 02/2009.

Ao final destas etapas, o processo de licenciamento é concluído com o deferimento ou não da licença ou autorização ambiental, acompanhada das respectivas condicionantes ambientais ou justificativa de indeferimento.

O CECAV em suas orientações sobre processo de licenciamento ambiental em área de patrimônio espeleológico sugere o seguinte fluxograma para o trâmite de processos (FIGURA 26).

Figura 26 - Fluxograma de trâmite de processo de licenciamento ambiental relativo ao patrimônio espeleológico.



Fonte: Fluxograma obtido no Site do CECAV na Internet ³⁴

³⁴ Fluxograma encontrado em site da Internet: <<http://www.icmbio.gov.br/ceca/orientacoes-e-procedimentos/licenciamento-ambiental.html>> (Acesso em 01/08/2014)

Estudos espeleológicos para avaliação dos impactos e classificação do grau de relevância

De acordo com Piló e Auler (2010), o Licenciamento Ambiental, enquanto instrumento legal de caráter preventivo, torna-se primordial para garantir a conservação e a preservação de cavidades naturais subterrâneas avaliadas como de relevância alta e máxima. E assim, configura-se como um mecanismo essencial dentro da política de construção do patrimônio espeleológico brasileiro.

Os autores de forma sucinta apresentam as etapas dos estudos espeleológicos através do quadro a seguir (FIGURA 27), fazendo um panorama de como pode ser encaminhado a questão no processo de licenciamento ambiental.

Figura 27 - Quadro das etapas dos estudos espeleológicos no processo de licenciamento ambiental.

Etapas do Licenciamento	Etapas dos estudos espeleológicos
Licença Prévia (LP)	<ul style="list-style-type: none"> ● Levantamento bibliográfico; ● Avaliação do potencial espeleológico e prospecção espeleológica; ● Topografia das cavernas; ● Estudos geoespeleológicos; ● Estudos bioespeleológicos; ● Estudos sócio-econômicos, históricos culturais; ● Análise de relevância; ● Avaliação dos impactos, medidas mitigadoras, monitoramento e medidas compensatórias.
Licença de Instalação (LI)	<ul style="list-style-type: none"> ● Monitoramento de sítios espeleológicos; ● Determinação de perímetro de proteção das cavernas; ● Medidas para proteção de sítios espeleológicos; ● Manejo de sítios espeleológicos; ● Salvamento espeleológico; ● Detalhamento de medidas compensatórias.
Licença de Operação (LO)	<ul style="list-style-type: none"> ● Aprovação dos estudos específicos desenvolvidos na fase de instalação - medidas condicionantes e compensatórias poderão ter vigência após a concessão da LO, sendo necessário o estabelecimento de um cronograma de execução e acompanhamento do órgão ambiental.

Fonte: Piló e Auler (2010)

4- PANORAMA ATUAL DO PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO NO CEARÁ

4.1- Metodologia para a elaboração do panorama atual do patrimônio espeleológico no Estado do Ceará

A metodologia utilizada neste trabalho de pesquisa pode ser classificada do ponto de vista de sua natureza, como aplicada, pois tem o objetivo de gerar conhecimentos para aplicações práticas, dirigidos à solução de problemas tratados no estudo. Quanto ao aspecto da forma de abordagem ao problema, pode se considerar como predominantemente uma pesquisa qualitativa, visto que não tem a quantificação como essência da pesquisa, e sim a compreensão do contexto. Já de acordo com os objetivos propostos neste trabalho, ele se caracteriza por mesclar as particularidades da pesquisa exploratória e da pesquisa descritiva. Isso se dá, devido à pesquisa ser desenvolvida com a finalidade de proporcionar uma visão geral e mais aproximada sobre a questão estudada, que trata de um tema pouco explorado, e também visa elaborar a descrição da situação atual do objeto de estudo. Por fim, o trabalho de pesquisa do ponto de vista dos procedimentos técnicos, configura-se essencialmente como uma pesquisa bibliográfica e documental, desenvolvida principalmente com base em livros, artigos científicos, periódicos, relatórios técnicos, legislações, e outros diversos materiais (GIL, 2008).

Esta dissertação, intitulada – *A Espeleologia e as Cavernas no Ceará: conhecimentos, proteção ambiental e panorama atual*, dedica-se a tratar de um assunto pouco conhecido e explorado nos meios acadêmicos brasileiros, e principalmente no Ceará, sendo bastante escassas as publicações e demais informações pertinentes a essa temática. Diante deste grande desafio, faz-se necessário o desenvolvimento de metodologia de pesquisa, em especial, que consiga superar essas dificuldades e prosseguir com as questões propostas na dissertação.

Inicialmente, realizou-se o trabalho para compor a fundamentação teórica que serve de base para o desenvolvimento desta pesquisa, para isso, foi feita uma revisão bibliográfica dos materiais relativos ao assunto em pauta.

As produções existentes pertinentes a espeleologia no Brasil estão circunscritas a um universo bastante restrito, principalmente no tocante a quantidade de publicações. É extremamente difícil encontrar nas estantes de bibliotecas e livrarias os raríssimos livros publicados sobre espeleologia. Nestas condições, o que se conseguiu basicamente encontrar nas pesquisas feitas para este trabalho, foi alguns dos pouquíssimos livros existentes

específicos sobre o tema, as normas legais pertinentes, algumas dissertações e teses, além de publicações periódicas feitas essencialmente pela Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE) e Redespeleo Brasil, estudos do CECAV, alguns artigos e anais dos Congressos Brasileiros de Espeleologia (CBE).

Ressalta-se, que as produções na área da espeleologia, em sua grande maioria, abordam temáticas bem específicas do universo espeleológico, como a geoespeleologia, bioespeleologia, arqueologia e paleontologia em cavernas, espeleometria, espeleoturismo, e etc. Nesta seara, são ainda mais raras as publicações que são dedicadas ao trabalho de apresentar a espeleologia de uma forma geral e didática para os leigos no assunto, e de examinar a legislação e as práticas pertinentes à proteção e gestão do patrimônio espeleológico, que são temáticas que se destacam na composição deste trabalho de dissertação.

Esses materiais específicos de espeleologia, além de outros que discorrem sobre assuntos correlatos, constituíram o trabalho de pesquisa bibliográfica e documental, que serviram de arcabouço teórico para fundamentar a base da concretização de objetivos específicos desta dissertação, como de sistematizar os principais conhecimentos e conceitos relativos à espeleologia, analisar a proteção e gestão ambiental do patrimônio espeleológico prevista na legislação pertinente, compor o atual levantamento e situação das cavernas cearenses, e elaborar recomendações de uso e conservação relativos ao patrimônio espeleológico cearense.

Na metodologia utilizada para conseguir desenvolver o objetivo específico, de elaboração do panorama atual do patrimônio espeleológico no Estado do Ceará, baseou-se a princípio nas experiências e trabalhos já realizados divulgados, quanto aos levantamentos e cadastros espeleológicos no Brasil, e procedeu-se especificamente uma pesquisa mais aprofundada, de informações produzidas e publicadas em bibliografias e documentos, sobre a importância do patrimônio espeleológico do Ceará e os levantamentos de cavernas cearenses já realizados até o momento.

Também se levou em consideração algumas questões que são muito importantes e “sensíveis” para a proteção do patrimônio espeleológico brasileiro. Assim, merece se ressaltar a Resolução do CONAMA nº 347/2004, que em seus considerandos destaca que, “o princípio da precaução aplica-se a proteção do patrimônio espeleológico”, e “a necessidade de se instituir procedimentos de monitoramento e controle ambiental, visando a evitar e minimizar a degradação e a destruição de cavidades naturais subterrâneas e outros ecossistemas a elas associados” (CONAMA, 2004).

Desta forma, para se poder elaborar o referido panorama, é primordial realizar anteriormente um levantamento atual de informações sobre as cavernas conhecidas no Ceará, e a partir daí analisar a situação em que se encontram as cavidades naturais subterrâneas cearenses. Para este levantamento de informações, deve se ter em consideração que, sobre o tema em questão, existe uma diversidade de vários tipos de origens de fontes de informações, e de distintos níveis de padrões de exatidão de informações. Tudo isso, se constituem em registros de informações que são organizados e classificados, a princípio, da seguinte forma, em 14 tipos de origens de fontes de informações, que são agrupados em 3 níveis de padrões de exatidão de registros de informações.

Neste estudo, quanto aos níveis de padrões de exatidão de registros de informações, sobre o patrimônio espeleológico no Ceará, considera-se a classificação a seguir: *Nível 1 - Registros de Cavidades Conhecidas Cadastradas* – são os registros de informações de cavernas que foram cadastradas por órgãos governamentais ou não, que se dedicam especificamente a espeleologia e realizam um trabalho criterioso de cadastramento das cavernas no Brasil, e que apresentam exatidão no reconhecimento da existência da caverna, nesta condição cita-se como exemplo os cadastros espeleológicos nacionais realizados pelo CECAV-ICMBio, SBE e Redespeleo Brasil; *Nível 2 - Registros de Cavidades Conhecidas Não Cadastradas* – são os registros de informações de cavernas que ainda não estão cadastradas, nos cadastros espeleológicos nacionais, mas que são conhecidas através de fontes de informações de origens bem variadas, e que apresentam exatidão no reconhecimento da existência da caverna, tendo como base registros bibliográficos, documentais, de campo, jornalísticos, de sites da internet, de vídeos, de fotos e de relatos orais confiáveis; e *Nível 3 - Registros de Indícios Cavernícolas Conhecidos* – são os registros de informações que não asseguram exatidão no reconhecimento da existência de caverna, mas que apresentam indícios cavernícolas, informações que relevam a significativa possibilidade de ocorrência de caverna, tendo como base registros bibliográficos, documentais, de campo, jornalísticos, de sites da internet, de vídeos, de fotos e de relatos orais imprecisos. De acordo com o que foi exposto, apresenta-se o seguinte quadro com a Classificação dos registros de informações sobre cavernas no Ceará (FIGURA 28).

Figura 28 - Quadro com a classificação dos registros de informações sobre cavernas no Ceará.

CLASSIFICAÇÃO DOS REGISTROS DE INFORMAÇÕES SOBRE CAVERNAS NO CEARÁ
NÍVEL 1 – Registros de Cavidades Conhecidas Cadastradas
Tipo A -Registro de cavidade em cadastro governamental (CECAV)
Tipo B -Registro de cavidade em cadastro não governamental (SBE e Redespeleo)
NÍVEL 2 – Registros de Cavidades Conhecidas Não Cadastradas
Tipo C -Registro bibliográfico de cavidade conhecida (artigos, anais, livros, estudos)
Tipo D -Registro de campo de cavidade conhecida (trabalhos de campo)
Tipo E -Registro jornalístico de cavidade conhecida (jornais, emissoras de tv, etc)
Tipo F -Registro em site da internet de cavidade conhecida
Tipo G -Registro em vídeo/foto de cavidade conhecida
Tipo H -Registro oral de cavidade conhecida
NÍVEL 3 – Registros de Indícios Cavernícolas Conhecidos
Tipo I -Registro bibliográfico de indícios cavernícolas (livros, estudos, relatórios)
Tipo J -Registro de campo de indícios cavernícolas (trabalhos de campo)
Tipo K -Registro jornalístico de indícios cavernícolas (jornais, emissoras de tv, etc)
Tipo L -Registro em site da internet de indícios cavernícolas
Tipo M -Registro em vídeo/foto de indícios cavernícolas
Tipo N -Registro oral de indícios cavernícolas

Fonte: Autor (2014)

Deve se ressaltar que, na perspectiva de aplicar o princípio da precaução, na proteção do patrimônio espeleológico (Resolução do CONAMA nº 347/2004), como já foi mencionado, considerou-se a necessidade de ao realizar a elaboração do atual levantamento de informações sobre as cavernas conhecidas no Ceará, incluir neste levantamento os Registros de Indícios Cavernícolas Conhecidos (Nível 3). Apesar da não exatidão deste tipo de registro, o fato de existir indícios espeleológicos, faz-se necessário por precaução ambiental, levar em consideração essas informações para o presente trabalho, mesmo que de forma diferenciada, com o intuito de salvaguardar o patrimônio espeleológico cearense e buscar a consolidação destas informações.

Para operacionalizar a elaboração do atual levantamento de informações sobre as cavernas conhecidas no Ceará, todas as informações levantadas pelo estudo, foram inseridas numa planilha eletrônica “Microsoft Office Excel 2003”, tendo-se o devido cuidado para o

cadastramento dos registros das informações, de dados divergentes e convergentes de informações, e eliminação das duplicidades de registro de uma mesma caverna. Estes registros foram classificados e agrupados de acordo com a Classificação dos registros de informações sobre cavernas no Ceará (FIGURA 28), sendo em seguida confeccionado o quadro do Atual levantamento de informações sobre as cavernas conhecidas no Ceará (FIGURA 34) e o quadro da Distribuição das cavidades e indícios cavernícolas conhecidos por município (FIGURA 35).

Deve se ressaltar que o levantamento das informações sobre o patrimônio espeleológico do Estado do Ceará, foi elaborado de forma preliminar, fazendo uma compilação dos cadastros espeleológicos oficiais existentes (CECAV e SBE) e de todos os demais dados disponíveis e encontrados durante a pesquisa, relativos às ocorrências de patrimônio espeleológico dentro do Estado do Ceará.

Para ilustrar a situação da distribuição das cavidades e indícios cavernícolas conhecidos por município no território do Estado do Ceará, foi elaborado o mapa dos Municípios do Estado do Ceará com Ocorrência de Cavernas (FIGURA 37), que destaca no mapa do território cearense todos os municípios que se tem registro de Cavidades conhecidas cadastradas (Nível 1), de Cavidades conhecidas não cadastradas (Nível 2), e de Indícios cavernícolas conhecidos (Nível 3). Já o mapa dos Municípios do Ceará com Cavernas Cadastradas do CECAV (FIGURA 38) foi elaborado para demonstrar a diferença em relação ao mapa anterior, pois este ultimo mapa só destaca no território cearense os municípios que tem registros de cavernas cadastradas no CECAV. Os dois mapas citados tem como base cartográfica o mapa político de Estado do Ceará, do IBGE (2010) em escala original de 1:250.000, a partir desta base cartográfica foram inseridas as informações do quadro do Atual levantamento de informações sobre as cavernas conhecidas no Ceará (FIGURA 34).

Para finalizar, são elaboradas recomendações de uso e conservação relativos ao patrimônio espeleológico cearense, com base nos estudos e análises realizados pelo trabalho, no intuito de orientar as políticas públicas para a necessária proteção e conservação ambiental deste importante patrimônio natural não renovável.

4.2- Levantamentos e cadastros espeleológicos no Brasil

Desde os primórdios da espeleologia no Brasil, trabalhos de levantamento e cadastramento de cavidades naturais subterrâneas vêm sendo realizados por iniciativa de alguns espeleólogos e grupos de espeleologia, a nível local, regional e inclusive nacional. Na

última década, também se desenvolveram algumas ações governamentais neste sentido, que merecem destaque. Atualmente no Brasil se tem registros de mais de 12.000 cavernas conhecidas (CAVALCANTI *et al.*, 2013).

Na legislação ambiental brasileira pertinente à espeleologia, a Portaria do MMA nº 358/2009, de 30 de setembro de 2009, institui o Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico (PNCPE), que tem por objetivo desenvolver estratégia nacional de conservação e uso sustentável das cavernas brasileiras. Neste programa são estabelecidos seis Componentes, que funcionam como eixos de orientação para as etapas de detalhamento, implementação e avaliação do PNCPE. Merece ser destacado aqui, o Componente 1 – Conhecimento do Patrimônio Espeleológico, que “visa o apoio à geração, sistematização e disponibilização de informações sobre o patrimônio espeleológico do país, apoiando a gestão com metas relacionadas à produção de inventários, à realização de pesquisas”. Inclusive o referido Componente do PNCPE apresenta as seguintes metas: 1-Inventário Anual do Patrimônio Espeleológico Nacional; 2-Diagnóstico das Unidades Espeleológicas do Brasil; e 3-Programa de pesquisa aplicado à conservação e manejo de cavernas.

No PNCPE ressalta-se também o Componente 5 - Divulgação sobre o Patrimônio Espeleológico, que “objetiva comunicar para os setores interessados informações sobre o Patrimônio Espeleológico, com a participação da sociedade, comunidade científica, povos indígenas, quilombolas e outras comunidades locais, no respeito à conservação do Patrimônio Espeleológico” e tem como uma das metas a criação e implementação do Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE).

Desde o ano de 1987 já existia a deliberação governamental de viabilizar o cadastramento sistemático do Patrimônio Espeleológico Nacional (PEN), que foi expresso no Art. 2º da Resolução do CONAMA nº 05/1987. Sendo que esta resolução foi integralmente revogada pela Resolução do CONAMA nº 347/2004, que instituiu o CANIE e estabeleceu, para fins de proteção ambiental, os procedimentos de uso e exploração do patrimônio espeleológico nacional. Destaca-se também que, esta última resolução fixou que o CANIE é parte integrante do Sistema Nacional de Informação do Meio Ambiente (SINIMA).

Em 20 de agosto de 2009, a publicação da Instrução Normativa do MMA nº 02/2009 determinou em seu Art. 20, que o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), no prazo de 90 dias, deverá instituir o CANIE. Cabendo ao ICMBio realizar a gestão do CANIE, criando os meios necessários para sua execução.

O Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE) só foi publicizado para a sociedade inicialmente a partir do setembro de 2013 (SBE, 2014), através do site

CECAV na internet (<http://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>). Segundo o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) do ICMBio, o CANIE se destina a congregar as informações espeleológicas existentes, que estão dispersas entre diferentes fontes de informação, e configura-se oficialmente como instrumento de referência de informações espeleológicas, englobando todo o território brasileiro.

Dentre os outros projetos e atividades que o CECAV realiza na atualidade, merece ser mencionado: o *Inventário Anual do Patrimônio Espeleológico Brasileiro*; a *Base de Dados Geoespacializados das Cavernas do Brasil*; e a *Potencialidade de Ocorrência de Cavernas*.

O projeto *Inventário Anual do Patrimônio Espeleológico Brasileiro* tem o seu desenvolvimento e continuidade desde 2010 em atendimento a uma das metas do Componente 1 – Conhecimento do Patrimônio Espeleológico do PNCPE. Segundo informações do site do CECAV na Internet (CECAV-ICMBio) “até o momento, foram identificadas pouco mais de dez mil cavernas, dessas apenas 10% são validadas, outros 10% ou não dispõem de dados referentes à localização geoespacial ou apresentam informações errôneas. Em geral a coleta e sistematização desses dados são precárias”. Por enquanto, somente nos estados do Rio Grande do Norte, Mato Grosso e Minas Gerais, tem sido desenvolvido o trabalho de prospecção e validação de cavernas, através das Bases Avançadas Compartilhadas do CECAV.

A *Base de Dados Geoespacializados das Cavernas do Brasil*, criado inicialmente em 2004 pelo CECAV, está disponível em seu site desde 2005 sendo atualizado periodicamente. Esta base de dados é alimentada de forma permanente por informações oriundas de outras bases de dados, estudos e prospecção espeleológicos, material bibliográfico e trabalhos de campo realizados por seus técnicos. Porém o que está disponibilizado no site é apenas uma parte desta base que contempla os dados validados por sua equipe técnica ou que revelam níveis mínimos de confiabilidade, oriundos de fontes fidedignas, citados por mais de uma fonte ou cuja geoespacialização se enquadra às descrições que os acompanham.

Sobre a *Potencialidade de Ocorrência de Cavernas* no país, o conhecimento deste potencial é importante para aperfeiçoar a gestão do Patrimônio Espeleológico e ajudar na análise de processos de licenciamento ambiental, de atividades impactantes a esse patrimônio. Uma equipe técnica do CECAV começou no ano de 2005, a desenvolver uma metodologia para mapear áreas do território nacional propensas à ocorrência de cavernas, a partir do Mapa Geológico do Brasil, na escala 1:2.500.000, elaborado pela CPRM em 2003.

No ano de 2012, a Revista Brasileira de Espeleologia (RBEsp) do CECAV, publicou o artigo de Jansen, Cavalcanti e Lamblém (2012) intitulado *Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil, na escala 1:2.500.000*. Neste artigo as autoras explicam que o Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil, na escala 1:2.500.000 (FIGURA 29), foi concebido segundo uma nova metodologia, que tem como base a classificação litológica, sendo estabelecidos cinco classes de grau de potencialidade: “Muito Alto”; “Alto”; “Médio”; “Baixo”; e “Ocorrência Improvável”. No processo de identificação dessas classes utilizaram-se informações relevantes para o estudo, como: dados de localização das principais regiões cársticas brasileiras; mapa geológico do Brasil da CPRM, na escala de 1:2.500.000; dados geoespacializados de cavernas disponibilizadas pelo CECAV; e revisão bibliográfica sobre as principais formações litológicas das cavidades registradas na base de dados do CECAV.

O referido artigo apresenta como resultado, que: 78,4% das cavernas estudadas no trabalho localizam-se em áreas com graus de potencialidade de ocorrência “Muito Alto” e “Alto”, basicamente em rochas carbonáticas e em formações ferríferas; 12,8% das cavernas encontram-se nas classes de “Média” potencialidade, compreendendo os arenitos e quartzitos; e somente 8,7% das cavidades naturais subterrâneas estão situadas nos graus de potencialidade “Baixo” e “Ocorrência Improvável”.



INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS



Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil, na escala 1:2.500.000

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Cavernas
- ~ Limites estaduais
- ~ Limites internacionais
- América do Sul
- ~ Curso d'água
- Lago, lagoa

LEGENDA

Grau de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas

- Muito Alto
- Alto
- Médio
- Baixo
- Ocorrência Improvável

Unidades de conservação federais

- ▨ Grupo Proteção Integral
- ▨ Grupo Uso Sustentável

Batimetria

- < 200m
- de 200 a 1000m
- de 1000 a 8000m



Escala 1:7.000.000

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum Horizontal SAD 69

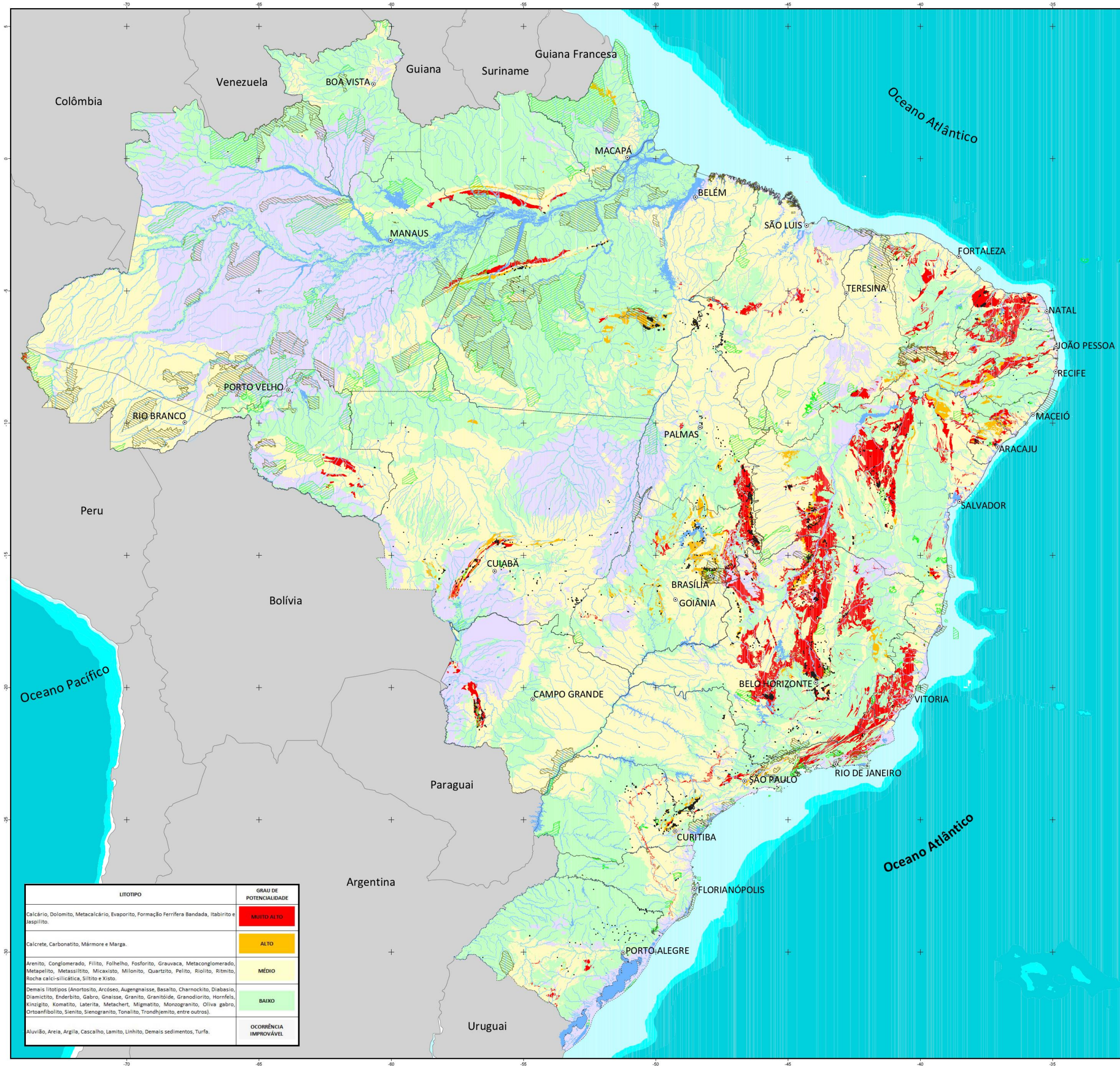


Fonte:

- Base cartográfica: IBGE
- Batimetria: IBGE
- Cavernas: CECAV (ref: 01/06/12)
- Unidade de Conservação federais: Instituto Chico Mendes (ref: abril/2012)

Elaboração: Lindalva F. Cavalcanti
Núcleo de Geoprocessamento do CECAV

Brasília/DF, junho de 2012



LITOTIPO	GRAU DE POTENCIALIDADE
Calcário, Dolomito, Metacalcário, Evaporito, Formação Ferrifera Bandada, Itabirito e sapilito.	MUITO ALTO
Calcrete, Carbonatito, Mármore 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, Grandiorito, Hornfels, Kinzigito, Komatito, Laterita, Metachert, Migmatito, Monzogranito, Oliva gabro, Ortoanfíbilito, Sienito, Sienogranito, Tonalito, Trondhjemito, entre outros).	BAIXO
Aluvião, Areia, Argila, Cascalho, Lamito, Linhito, Demais sedimentos, Turfa.	OCORRÊNCIA IMPROVÁVEL

Na esfera das ações não governamentais, merece destaque relativo aos levantamentos e cadastros espeleológicos a nível nacional: o Cadastro Nacional de Cavernas (CNC), mantido pela Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), e o CODEX, elaborado pela Redespeleo Brasil (extinta no final de 2013). Deve-se mencionar também a existência de estudos pertinentes a essa temática a níveis regionais e locais em alguns estados como Minas Gerais (CAVALCANTI *et al.*, 2012, 2011), Paraná (SESSEGOLO; ROCHA; LIMA, 2006; GEEP-AÇUNGUI, 2001), Bahia (SANTANA; SILVA; BENTO, 2013; OLIVEIRA-GALVAO *et al.*, 2012), Sergipe (DONATO, 2011; DANTAS *et al.*, 2009), Rio Grande do Norte (CRUZ *et al.*, 2010) e Ceará (XIMENES, 1998).

Segundo os estudos de Piló e Auler (2010), apesar do enorme potencial espeleológico do Brasil, estão identificadas menos de 5% das cavernas existentes, estima-se que existam algumas centenas de milhares de cavernas no país (FIGURA 30). O reduzido conhecimento sobre o potencial espeleológico brasileiro, tem a sua explicação devido a carência de pesquisa, pequeno número de espeleólogos, dificuldades de acesso, dentre outros motivos.

Figura 30 - Quadro de estimativa do potencial espeleológico brasileiro em relação a cavernas conhecidas.

Litologia	Número de cavernas conhecidas	Provável potencial (cavernas ainda não conhecidas)	Porcentagem de cavernas conhecidas
Carbonatos	7.000	> 150.000	< 5%
Quartzitos	400	> 50.000	< 1%
Arenitos	400	> 50.000	< 1%
Minério de ferro	2.000	> 10.000	< 20%
Outras litologias	200	> 50.000	< 0,5%

Fonte: Piló e Auler (2010)

Enquanto no mundo cerca de 90% das cavernas conhecidas se formam em rochas carbonáticas. O Brasil, no entanto, assemelha-se a um “mosaico espeleológico”. Em decorrência de fatores ainda pouco conhecidos, mas que certamente envolvem variáveis geomorfológicas e climáticas, além das cavidades naturais subterrâneas encontradas nas rochas carbonáticas brasileiras, são também muito susceptíveis a formação de cavernas: o arenito, o quartzito, e ainda o minério de ferro e canga (descobertas mais recentes). Registra-se também a ocorrência de cavernas, mas com menor escala, em granito, gnaisses, e rochas metamórficas variadas (PILÓ; AULER, 2010).

4.3- Patrimônio Espeleológico do Ceará: importância e levantamentos de cavernas

No território do estado do Ceará, além da famosa e conhecida nacionalmente Gruta de Ubajara, que é uma das referências mais importantes de turismo espeleológico no país, existem muitas outras cavidades naturais subterrâneas que compõem o patrimônio espeleológico cearense.

Na pesquisa bibliográfica realizada para este trabalho, foram encontradas algumas publicações importantes que abordam a espeleologia e o patrimônio espeleológico nacional, e que fazem menção à significativa relevância do patrimônio espeleológico do Ceará. Pode-se citar como exemplos os livros: *Cavernas Brasileiras*, de Lino e Allievi (1980); *Cavernas: o fascinante Brasil subterrâneo*, de Lino (1989); *Espeleologia – noções básicas*, de Auler e Zogbi (2005); *II Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental*, do ICMBio/CECAV (2010); e *Cavernas no Brasil*, de Gambarini (2012).

É bastante interessante observar as considerações sobre o patrimônio espeleológico cearense feitas, na época, por Lino e Allievi (1980) no livro *Cavernas Brasileiras*, em que citam a existência de 5 Províncias Espeleológicas no país, destacando-se dentre elas a Província da “Chapada de Ibiapada”, no noroeste do Ceará, a onde se encontra o Parque Nacional de Ubajara, com a Gruta de Ubajara e outras cavernas, e que também apresenta “uma das mais expressivas feições cársticas de lapiasação³⁵ em calcários do Brasil”.

Os autores mencionam várias vezes no livro a Gruta de Ubajara, ressaltando que a cavidade é visitada desde o século XIX, sendo transformada em caverna turística com acesso por teleférico. Destacando-se, na época, como uma das quatro únicas cavernas do país (Gruta de Maquiné-MG, Gruta da Lapinha-MG, Caverna do Diabo-SP, e Gruta de Ubajara-CE) que possuíam uma estrutura turística em condições razoáveis de atendimento, como por exemplo: iluminação artificial, serviço de guia, etc. Também fazem uma séria denúncia de impactos ambientais a este patrimônio espeleológico, já no ano de 1980, em que relatam “um dos mais tristes exemplos de depredação por visitantes, que, além de quebrar parte de suas poucas ornamentações [espeleotemas], revestiram suas paredes e teto com milhares de rabiscos, nomes e desenhos”. E ainda destacam a Gruta do Urso Fóssil, devido a grande importância pelos fósseis que conserva. Pois foi encontrada nesta gruta, em 1978, a primeira ossada (crânio incompleto) de um urso que habitou o Pleistoceno da região (LINO; ALLIEVI, 1980).

³⁵ Lapiasação – formação de lapíás, feições típicas de áreas cársticas.

Com relação ao trabalho existente de levantamento e cadastramento de informações sobre as cavidades naturais subterrâneas que compõem o patrimônio espeleológico do território do Estado do Ceará, deve se destacar principalmente as informações elaboradas e disponibilizadas pelo CECAV e pela SBE.

O Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) do ICMBio, em seu site na internet, atualmente disponibiliza como fonte de informações sobre as cavernas do país, a *Base de Dados Geoespacializados das Cavernas do Brasil* e o *Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas* (CANIE).

A *Base de Dados Geoespacializados das Cavernas do Brasil*, que está disponível desde 2005, vem sendo atualizada mensalmente, e além de armazenar os dados coletados, sistematizados e georreferenciados, relativos às cavernas encontradas no território nacional, dá suporte à ampla e irrestrita disponibilização de informações para os trabalhos desenvolvidos pelo CECAV. Ressalta-se também, que essa base de dados cumpriu e ainda cumpre o papel de atender momentaneamente algumas das funções previstas para o CANIE, que ainda não estão implantadas plenamente (OLIVEIRA-GALVÃO, 2014; CECAV-ICMBio, 2012).

Nesta base de dados ocorrem muitos registros de cavernas que se apresentam com duplicidade, incoerências ou sem o mínimo de informações necessárias para serem cadastradas devidamente na base de dados. Desta forma, o CECAV tem o cuidado de somente publicizar, no seu site na internet, as cavernas cadastradas com dados considerados efetivamente orientadores de sua localização, que são assim denominadas de “cavidades disponibilizadas”.

De acordo com as informações da *Base de Dados Geoespacializados das Cavernas do Brasil*, publicizada em 30/06/2014, no Brasil existem 13.526 cavidades disponibilizadas, e no estado do Ceará são 73 cavidades disponibilizadas.

O *Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas* (CANIE), que foi instituído pela Resolução do CONAMA nº 347/2004, no “intuito de estabelecer procedimentos e parâmetros para a Gestão do Patrimônio Espeleológico Nacional norteando o licenciamento ambiental de atividades efetiva e potencialmente impactantes às cavidades naturais subterrâneas ou à sua área de influência”, só foi disponibilizado inicialmente a partir do setembro de 2013, e vem apresentando alguns problemas de atualização em seu sistema de dados (CECAV-ICMBio).

Conforme as informações do CANIE, disponibilizado em 01/08/2014, são 9.532 cavernas cadastradas no Brasil, e no estado do Ceará são apenas 41 cavernas cadastradas. Desta

forma, no relatório gerado pelo CANIE, o estado ocupa o 15º lugar dentre os 27 membros da federação, e o 4º lugar no nordeste (1º BA, 2º RN, 3º MA).

A Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE) desenvolveu o Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC) com o objetivo de compilar todas as informações disponíveis sobre as cavernas brasileiras. Conforme Rodrigues (2001) e a SBE, a formação e manutenção de um acervo centralizado dos dados referentes às cavernas do Brasil é uma das obrigações estatutárias da SBE, que desde a sua fundação, em 1969, armazena essas informações de forma organizadas, para que possam ser apresentadas quando solicitado. A partir de 1979, a SBE vem periodicamente publicando a lista de Cavernas Brasileiras e em 2001 lançou o Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC), com acesso através da internet.

De acordo com as informações do Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC) da SBE, consulta realizada em 01/08/2014, existem 5.938 cavernas cadastradas no Brasil, e no estado do Ceará são apenas 44 cavernas cadastradas. O CNC ainda informa que o estado encontra-se em 13º lugar em número de cavernas entre os membros da federação, e que a última atualização no cadastro de cavernas relativo ao Ceará foi feita em 25/10/2011.

No âmbito local, no estado do Ceará, existiram algumas empreitadas relativas ao levantamento do patrimônio espeleológico cearense, principalmente realizadas pelo Grupo de Exploração Espeleológica do Ceará (GEECE), que atuou durante duas décadas, de 1986 a 2005. Em 1997 o GEECE se transformou em uma ONG, com o nome de Instituto Cearense de Ciências Naturais (ICCN), mas em 2003 a ONG encerrou suas atividades e voltou-se a adotar o nome anterior do grupo. Durante a significativa história de existência do GEECE/ICCN, deve se destacar os trabalhos realizados por esses importantes espeleólogos cearenses, como: várias prospecções, expedições, levantamentos espeleológicos, arqueológicos e paleontológicos, topografias e mapeamentos de cavernas, tanto no Ceará, como em outros estados do Nordeste, cadastramento de cerca de duas dezenas de novas cavidades e atualização de registros anteriores no Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC) da SBE, publicações de artigos científicos, participações em eventos e cursos, e inclusive a realização, em julho de 1998, do I Encontro de Espeleologia do Nordeste, em Ubajara (XIMENES, 2002, 2003).

Ximenes (1998), que era um dos principais espeleólogos responsáveis pelo GEECE/ICCN, elaborou na época o documento, *Breve panorama sobre o patrimônio espeleológico do Estado do Ceará*. Esse histórico e importante documento revela a situação concreta do conhecimento que se tinha sobre o patrimônio espeleológico cearense até aquele período, de maio de 1998, quando existiam no CNC da SBE somente 17 cavernas cadastradas

no Ceará e 2.700 no Brasil. Nesse trabalho o autor destaca importantes descobertas espeleológicas, arqueológicas e paleontológicas feitas no Ceará, como os esqueletos de 14 indivíduos (paleoíndios) na Gruta do Canastra no Município de Uruburetama e o crânio de um urso pré-histórico encontrado na Gruta do Urso Fóssil no Município de Ubajara (este último já citado nesta dissertação).

As condições geológicas do Estado do Ceará, que é predominantemente formado por rochas cristalinas, limitam bastante a ocorrência de relevo cárstico, porém existem áreas de grande importância. Em território cearense ocorrem cavernas pertencentes a três “Províncias Espeleológicas Brasileiras”, a Província de Ubajara, a Província Chapada do Apodi e a Província Arenítica da Chapada do Araripe. (XIMENES, 1998)

No breve panorama espeleológico elaborado por Ximenes (1998), ele trabalha essencialmente com as concepções de Província Espeleológica e Área Espeleológica, para o Estado do Ceará. Segundo Karmann e Sanches (*apud* LINO e ALLIEVI, 1980), define-se como *Província Espeleológica* “uma região pertencente a uma mesma formação geológica onde ocorrem grande corpos de rochas carbonáticas susceptíveis as ações cársticas, ocasionando a presença de agrupamento de cavernas”. E o termo *Área Espeleológica* é comumente utilizado para designar qualquer região, como ocorrências de grutas. Assim, Ximenes (1998) no referido trabalho apresenta a seguinte distribuição do patrimônio espeleológico cearense, com os seus respectivos destaques na época:

1. Província Espeleológica de Ubajara – 7 cavernas conhecidas, incluindo a gruta de Ubajara, a maioria delas dentro da área do Parque Nacional de Ubajara.
2. Província Espeleológica da Chapada do Apodi – notáveis ocorrências de fósseis marinhos, abrange o Ceará e o Rio Grande do Norte, com dezenas de cavernas conhecidas no lado potiguar, mas no lado cearense é conhecida apenas a Gruta de São Gonçalo (no município de Limoeiro do Norte), apesar do grande potencial espeleológico.
3. Província Espeleológica Arenítica da Chapada do Araripe – “em fase de proposição oficial” (na época), 5 grutas cadastradas, cita a Gruta do Farias e Gruta do Brejinho, e referências de ocorrência de outras cavernas.
4. Área Espeleológica de Redenção e Acarape – “desenvolvimento de belíssimas formas cársticas”, com 4 grutas conhecidas, destaca a Gruta da Moça, com ocorrências paleontológicas, e inúmeros abrigos sob rocha.
5. Área Espeleológica de Aiuaba – com muitas feições cársticas bem desenvolvidas, é conhecida apenas a Gruta do Sobradinho.

6. Área Espeleológica de Tejuçuoca – “descoberta pela espeleologia em 1998”, com inúmeras formas cársticas, é conhecida apenas a Gruta da Catirina.
7. Área Espeleológica Arenítica da Chapada da Ibiapaba – apenas é conhecida a Gruta Lagoa dos Morcegos, muitas referências verbais de ocorrências de cavernas em outros municípios, cita-se uma descoberta no município de Parambu.
8. Área Cárstica de Quixeramobim – sem registro de cavernas, mas com a existência de formas cársticas (lapiás, caneluras, etc.), indicativo de boas probabilidades para a ocorrência de cavernas, “situada na extremidade sul da Serra de Santa Maria”.
9. Área Cárstica de Itatira – informações verbais sobre cavernas, existência de formas cársticas (lapiás) indicam a probabilidade para a ocorrência de cavernas.
10. Ocorrências isoladas – registros de cavernas em rochas não carbonáticas:
 - a. Quartzito – referência de ocorrência de caverna em Jericoacoara e no município de Lavras da Mangabeira;
 - b. Depósitos de Tálus – ocorrência de grutas conhecidas nos municípios de Maranguape e Quixadá;
 - c. Rochas não definidas – existência de vários registros espeleológicos em bibliografias antigas, porém sem definição litológica, nesta mesma situação menciona-se a ocorrência de cavernas nos Municípios de Aracati, Boa Viagem, Granja, Pacoti, Santa Quitéria, Tamboril, Tururu e Uruburetama.

Ainda sobre a distribuição do patrimônio espeleológico cearense, o autor em seu trabalho salienta que “o Ceará possui dezenas de lentes carbonáticas espalhadas por seu território”, e chama a atenção para a importância da realização de trabalhos de prospecção espeleológica nestas áreas. Também no mesmo trabalho, são apresentados quadros com dados preliminares (FIGURAS 31, 32 e 33), da época, sobre as cavernas do Estado do Ceará (XIMENES, 1998).

Figura 31 - Quadro com as cavernas do Ceará cadastradas no CNC-SBE (até maio de 1998).

CE	Nome (Gruta...)	Rocha	Município
01	de Ubajara	Calcário	Ubajara
02	do Morcego Branco	Calcário	Ubajara
03	de Cima	Calcário	Ubajara
04	do Pendurado	Calcário	Ubajara
05	do Urso Fóssil	Calcário	Ubajara
06	Lagoa dos Morcegos	Arenito	Tianguá
07	de Araticum	Calcário	Ubajara
08	do Sem Fim	Calcário	Ubajara
09	do Cantagalo	Dolomito	Redenção
10	da Moça	Dolomito	Redenção
11	do Sobradinho	Dolomito (?)	Aiuaba
12	do Frade	Dolomito	Redenção
13	do Farias	Arenito	Barbalha
14	do Brejinho	Arenito	Araripe
15	das Corujas	Arenito	Araripe
16	das Onças	Arenito	Araripe
17	do Serrote	Dolomito	Redenção

Fonte: Ximenes (1998)

Figura 32 - Quadro com as cavernas do Ceará conhecidas ou com alguma referencia bibliográfica, não cadastradas no CNC (até maio de 1998).

Nº	Nome (Gruta...)	Rocha	Município
01	de São Gonçalo	Calcário	Limoeiro do Norte
02	do Romualdo	Arenito	Crato
03	do Cajueiro	Arenito (?)	Araripe
04	do Inhamum	Arenito (?)	Tauá (?)
05	do Rio Salgado	Quartzito	Lavras da Mangabeira
06	dos Andorinhões	Depósito de tálus	Quixadá
07	do Castelo	Depósito de tálus	Maranguape
08	do Ererê	Não definida	Aracati
09	do Canastra	Não definida	Sobral
10	do Picão	Não definida	Santa Quitéria
11	de São Francisco	Não definida	Uruburetama

Fonte: Ximenes (1998)

Figura 33 - Quadro com as cavidades com referencias verbais não confirmadas (até maio de 1998).

Nº	Nome (Gruta...)	Rocha	Município
01	de Jericoacoara	Quartzito	Jijoca
02	do Catirina	Metacalcário	Tejuçuoca
03	do Sifão	Não definida	Boa Viagem
04	de São Simão	Não definida	Granja
05	do Túnel	Não definida	Pacoti
06	da Feiticeira	Não definida	Tamboril
07	do Sumidouro	Não definida	Tururu

Fonte: Ximenes (1998)

Para encerrar o breve panorama sobre o patrimônio espeleológico do Estado do Ceará, Ximenes (1998) expõe no final um diagnóstico ambiental com suas conclusões naquele período. Comenta que ocorre no Estado do Ceará uma “desproteção do nosso patrimônio espeleológico”, e ressalta que, com exceção do Parque Nacional de Ubajara, as demais áreas cavernícolas estão à mercê de interesses econômicos e pessoais. Assevera que é constante o desrespeito a legislação, destaca a questão de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e seus

Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA) que não estão diagnosticando corretamente as consequências aos ecossistemas subterrâneos nos empreendimentos potencialmente lesivos aos mesmos, e fala sobre a necessidade de um amplo trabalho de Educação Ambiental com as populações das áreas de cavernas para um melhor monitoramento do nosso patrimônio subterrâneo. Inclusive cita o inusitado caso que ocorreu na Gruta das Corujas, no Município de Araripe, onde um grupo de pessoas deixou cair uma tocha num depósito de guano (fezes) dos morcegos, o que provocou um incêndio que teve duração de quatro meses. E chama a atenção para uma das atividades mais prejudiciais aos ecossistemas cavernícolas, que é a exploração mineral, e relacionado a essa questão o autor denuncia um sério problema na época.

Nesse aspecto a Área Espeleológica de Redenção e Acarape encontra-se numa situação bastante delicada, pois empresas mineradoras ali instaladas, que trabalham na produção de supercal, ameaçam o equilíbrio das grutas, sendo que algumas já foram “extintas” por essa atividade. Outra área ameaçada está na Província Ubajara, mais exatamente nos pacotes calcários que ficam fora dos limites do Parque Nacional, onde há exploração mineral clandestina pelos moradores locais, que produzem cal de forma artesanal. Aliás, essa atividade popular é muito comum em muitas lentes carbonáticas do nosso estado. (XIMENES, 1998)

Diante do que foi mostrado, é notória a significativa relevância que tem o patrimônio espeleológico do Estado do Ceará, a nível nacional, e a importância da realização de levantamentos das cavernas no território cearense. Mas também se observa a existência da necessidade de se implementar uma atualização das informações, do que se tem de conhecimento, até este momento, sobre as cavidades naturais subterrâneas no Ceará. Para que desta forma possa se proteger adequadamente o que se conhece do patrimônio espeleológico no Estado do Ceará.

4.4- Atual levantamento e situação das cavernas no Estado do Ceará

Para se poder apresentar o panorama atual do patrimônio espeleológico no Estado do Ceará é essencial analisar a situação em que se encontram as cavernas cearenses, no atual momento. De acordo com o que foi evidenciado nesta dissertação no item anterior, 4.3 - *Patrimônio Espeleológico do Ceará: importância e levantamentos de cavernas*, estão oficialmente cadastradas e/ou catalogadas algumas dezenas de cavidades naturais subterrâneas encontradas no território do Estado do Ceará, mas existem outras dezenas de cavidades que se tem conhecimento da existência e que ainda não constam nos cadastros espeleológicos, como

também as várias ocorrências de indícios cavernícolas conhecidos no Ceará, que merecem ser estudados e catalogados.

Inicialmente essa situação descrita, de falta de “reconhecimento” nos cadastros espeleológicos, de muitas cavernas que se conhece a existência e as ocorrências de indícios cavernícolas no Ceará, provoca uma condição de extrema vulnerabilidade na proteção deste patrimônio espeleológico. Diante desta fragilidade dos respectivos cadastros espeleológicos existentes até o momento, coloca-se a necessidade de um trabalho de levantamento das informações sobre as cavernas do Ceará e posterior catalogação e cadastramento dos registros encontrados.

Essa dissertação se propõe a apresentar como um dos resultados do seu trabalho de pesquisa, um atual levantamento das informações sobre as cavernas conhecidas no território cearense. Compreende-se que só a partir deste presente levantamento de informações será possível retratar com mais fidelidade a atual situação do patrimônio espeleológico no Ceará. E desta forma, colaborar para que no presente seja efetivada a proteção ambiental prevista na legislação, para este importante e monumental patrimônio natural não renovável.

De acordo com o que já foi exposto na metodologia deste trabalho, item *4.1- Metodologia para a elaboração do panorama atual do patrimônio espeleológico no Ceará*, ressalta-se que o levantamento das informações sobre as cavernas conhecidas no estado, foi realizado de forma preliminar, fazendo uma compilação dos cadastros espeleológicos oficiais existentes (CECAV e SBE) e de todos os demais dados disponíveis e encontrados durante a pesquisa, relativos às ocorrências de patrimônio espeleológico dentro do Estado do Ceará, tendo como pressuposto o princípio da precaução, previsto na Resolução do CONAMA nº 347/2004.

Não se deve esquecer que este trabalho de levantamento de informações, apenas retrata o que neste momento se conhece deste subterrâneo patrimônio, e esse conhecimento está claramente fadado a constantes modificações, a cada descoberta de uma nova cavidade natural subterrânea, sempre necessitando de atualizações periódicas.

Sendo assim, apresenta-se a seguir os quadros do Atual Levantamento de Informações sobre as Cavernas Conhecidas no Ceará (FIGURA 34) e da Distribuição das cavidades e indícios cavernícolas conhecidos por município no Ceará (FIGURA 35).

Figura 34 - Quadro do atual levantamento de informações sobre as cavernas conhecidas no Ceará

ATUAL LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES SOBRE AS CAVERNAS CONHECIDAS NO TERRITÓRIO DO ESTADO DO CEARÁ								
Nº	NOME	MUNICÍPIO	LITOLOGIA	Nível	Tipo	Latitude	Longitude	Fonte de Registro
1	Gruta do Serrote	Acarape	Mármore	1	A	-4.281751	-38.705821	CECAV
2	Abismo do Frade	Acarape/Redenção	Mármore	1	A	-4.284871	-38.701494	CECAV
3	Gruta Sobradinho	Aiuaba	Mármore	1	A	-6.647147	-40.101618	CECAV
4	Gruta do Brejinho	Araripe	Arenito	1	A	-7.230649	-39.996935	CECAV
5	Gruta das Corujas	Araripe	Arenito	1	A	-7.336354	-40.158344	CECAV
6	Gruta das Onças	Araripe	Arenito	1	A	-7.250564	-40.226747	CECAV
7	Gruta do Farias	Barbalha	Arenito	1	A	-7.332583	-39.412514	CECAV
8	Gruta do Cantagalo	Barreira	Mármore	1	A	-4.276942	-38.669146	CECAV
9	Gruta Mãe D'Água	Beberibe	Arenito	1	A	-4.186000	-38.075700	CECAV
10	Casa das Missas	Campos Sales	Arenito	1	A	-6.890400	-40.257400	CECAV
11	Casa de Areia	Campos Sales	Arenito	1	A	-6.891000	-40.257100	CECAV
12	Furna da Cruz	Campos Sales	Arenito	1	A	-6.890500	-40.257100	CECAV
13	Furna dos Couros	Campos Sales	Arenito	1	A	-6.890400	-40.257200	CECAV
14	Gruta do Romualdo	Crato	Arenito	1	A	-7.299532	-39.391131	CECAV
15	Caverna Garganta do Diabo	Crato	sem informação	1	A	-7.198600	-39.453000	CECAV
16	Caverna Cabreiro	Crato	Arenito	1	A	-7.174200	-39.508900	CECAV
17	Caverna Santa Fé	Crato	Arenito	1	A	-7.174200	-39.509200	CECAV
18	Gruta da Moça	Guaiúba	Mármore	1	A	-4.040962	-38.617103	CECAV
19	Buraco do Flamengo	Guaraciaba do Norte	Arenito	1	A	-4.180846	-40.880768	CECAV
20	Toca da Aroeira	Jaguaruana	Calcário	1	A	-4.990990	-37.659178	CECAV
21	Toca da Burra Leiteira	Jaguaruana	Calcário	1	A	-4.991824	-37.658678	CECAV
22	Toca da Mangueira	Jaguaruana	Calcário	1	A	-4.991047	-37.659524	CECAV
23	Caverna Ferreira	Jardim	Arenito	1	A	-7.554400	-39.309500	CECAV
24	Caverna do Urubú	Jardim	Arenito	1	A	-7.553900	-39.309900	CECAV
25	Caverna Gravatá	Jardim	Arenito	1	A	-7.553200	-39.310200	CECAV
26	Caverna Olho d'Água	Nova Olinda	Arenito	1	A	-7.146200	-39.632400	CECAV
27	Caverna Olho d'Água 2	Nova Olinda	Arenito	1	A	-7.146200	-39.632700	CECAV
28	Gruta dos Cipós	Pacujá/Graça	Arenito	1	A	-4.048761	-40.683812	CECAV
29	Gruta dos Morcegos	Pacujá/Graça	Arenito	1	A	-4.045168	-40.685191	CECAV
30	Gruta do Limão	Pacujá/Graça	Arenito	1	A	-4.049088	-40.683299	CECAV
31	Gruta do Desfiladeiro II	Pacujá/Graça	Arenito	1	A	-4.048937	-40.681831	CECAV
32	Gruta do Desfiladeiro I	Pacujá/Graça	Arenito	1	A	-4.048699	-40.683254	CECAV
33	Gruta das Jias	Pacujá/Graça	Arenito	1	A	-4.049592	-40.684552	CECAV
34	Gruta do Pontal	Pacujá/Reriutaba	Arenito	1	A	-4.056323	-40.682936	CECAV
35	Abrigo do Marimbondo	Salitre	Arenito	1	A	-7.233500	-40.322700	CECAV
36	Abrigo Mufumbo I	Salitre	Arenito	1	A	-7.233800	-40.322500	CECAV
37	Abrigo Refeitório de Onça	Salitre	Arenito	1	A	-7.233700	-40.322400	CECAV
38	Caverna da Caninana	Salitre	Arenito	1	A	-7.233100	-40.322200	CECAV
39	Caverna do Morcego	Salitre	Arenito	1	A	-7.234200	-40.322600	CECAV
40	Caverna Duas Bocas	Salitre	Arenito	1	A	-7.233500	-40.322300	CECAV
41	Caverna Mocó	Salitre	Arenito	1	A	-7.234000	-40.322500	CECAV
42	Caverna Mufumbo II	Salitre	Arenito	1	A	-7.234100	-40.322500	CECAV
43	Caverna Mufumbo III	Salitre	Arenito	1	A	-7.234100	-40.322600	CECAV
44	Caverna Principal	Salitre	Arenito	1	A	-7.234300	-40.322700	CECAV
45	Gruta do Pontal	Santana do Cariri	sem informação	1	A	-7.210900	-39.733400	CECAV
46	Gruta do Amor II	Tejuçuoca	Mármore	1	A	-4.030898	-39.663159	CECAV
47	Gruta do Túnel	Tejuçuoca	Mármore	1	A	-4.031298	-39.662559	CECAV
48	Gruta dos Veados Campeiros II	Tejuçuoca	Mármore	1	A	-4.028698	-39.662559	CECAV
49	Gruta do Veado	Tejuçuoca	Mármore	1	A	-4.028479	-39.662678	CECAV
50	Gruta do Sino (Lapa do Sino)	Tejuçuoca	Mármore	1	A	-4.030919	-39.663165	CECAV
51	Gruta do Veado Campeiro	Tejuçuoca	Mármore	1	A	-4.028712	-39.662569	CECAV
52	Gruta do Araticum	Tianguá	Calcário	1	A	-3.803206	-41.000648	CECAV
53	Gruta de Santa Bárbara	Ubajara	Calcário	1	A	-3.797217	-40.873711	CECAV
54	Gruta de Ubajara	Ubajara	Calcário	1	A	-3.833300	-40.900300	CECAV
55	Gruta do Morcego Branco	Ubajara	Calcário	1	A	-3.833273	-40.901249	CECAV
56	Gruta de Cima	Ubajara	Calcário	1	A	-3.837022	-40.901407	CECAV

Nº	NOME	MUNICÍPIO	LITOLOGIA	Nível	Tipo	Latitude	Longitude	Fonte de Registro
57	Gruta do Pendurado	Ubajara	Calcário	1	A	-3.834518	-40.893092	CECAV
58	Gruta do Urso Fóssil	Ubajara	Calcário	1	A	-3.833064	-40.892396	CECAV
59	Gruta das Aranhas	Ubajara	Calcário	1	A	-3.832793	-40.892215	CECAV
60	Gruta do Macaco Fóssil	Ubajara	Calcário	1	A	-3.829426	-40.901930	CECAV
61	Gruta dos Mocós	Ubajara	Calcário	1	A	-3.832145	-40.898965	CECAV
62	Furna das Pipocas	Ubajara	Calcário	1	A	-3.833366	-40.899103	CECAV
63	Furna do Acaso	Ubajara	Calcário	1	A	-3.832973	-40.892801	CECAV
64	Furna de Araticum II	Ubajara	Calcário	1	A	-3.803196	-40.877167	CECAV
65	Gruta das Cabras	Ubajara/Frecheirinha	Calcário	1	A	-3.791496	-40.881053	CECAV
66	Abismo Buracão	Ubajara/Frecheirinha	Calcário	1	A	-3.791064	-40.880152	CECAV
67	Gruta do Castelo de Pedra	Viçosa do Ceará	Arenito	1	A	-3.544058	-41.087060	CECAV
68	Gruta dos Veados Campeiros III	Tejuçuoca	Mármore	1	B	-4,028698	-39,662559	Redespeleo
69	Gruta do Encanto	Tejuçuoca	Mármore	1	B	-4,028479	-39,662678	SBE-CNC
70	Gruta da Mesa	Tejuçuoca	Mármore	1	B	-4,028479	-39,662678	SBE-CNC
71	Gruta do Amor	Tejuçuoca	Mármore	1	B	-4,028479	-39,662678	SBE-CNC
72	Furna dos Ossos	Tejuçuoca	Mármore	1	B	-4,028479	-39,662678	SBE-CNC
73	Gruta da Fogueira	Pacujá	Arenito	1	B	-4,049088	-40,683299	SBE-CNC
74	Lagoa dos Morcegos	Tianguá	Arenito	1	B	-----	-----	SBE-CNC
75	Andorinhas	Tauá	sem informação	1	B	-----	-----	SBE-CNC
76	Azedinha	Tauá	sem informação	1	B	-----	-----	SBE-CNC
77	Gruta do Ererê	Aracati	sem informação	2	C	-----	-----	ICCN
78	Gruta do Cajueiro	Araripe	Arenito (?)	2	C	-----	-----	ICCN
79	Gruta de São Gonçalo	Limoeiro do Norte	Calcário	2	C	-----	-----	ICCN
80	Gruta do Castelo	Maranguape	Depósito de Tálus	2	C	-----	-----	ICCN
81	Gruta dos Andorinhões	Quixadá	Depósito de Tálus	2	C	-----	-----	ICCN
82	Gruta do Picão	Santa Quitéria	sem informação	2	C	-----	-----	ICCN
83	Gruta do Canastra	Sobral	sem informação	2	C	-----	-----	ICCN
84	Gruta do Inhamum	Tauá (?)	Arenito (?)	2	C	-----	-----	ICCN
85	Gruta de São Francisco	Uruburetama	sem informação	2	C	-----	-----	ICCN
86	Gruta do Parque das Carnaúbas	Granja	sem informação	2	C	-----	-----	CONFAM
87	Abrigo das Pinturas Rupestres	Forquilha	sem informação	2	D	-----	-----	Autor
88	Gruta do Boqueirão do Rio Salgado	Lavras da Mangabeira	Quartzito (?)	2	D	-----	-----	Autor
89	Gruta Casa de Pedra	Madalena	sem informação	2	D	-----	-----	Autor
90	Grutas da Praia da Taíba 1	São Gonçalo do Amarante	sem informação	2	D	-----	-----	Autor
91	Grutas da Praia da Taíba 2	São Gonçalo do Amarante	sem informação	2	D	-----	-----	Autor
92	Grutas da Praia da Taíba 3	São Gonçalo do Amarante	sem informação	2	D	-----	-----	Autor
93	Grutas da Praia da Taíba 4	São Gonçalo do Amarante	sem informação	2	D	-----	-----	Autor
94	Grutas da Praia da Taíba 5	São Gonçalo do Amarante	sem informação	2	D	-----	-----	Autor
95	Grutas da Praia da Taíba 6	São Gonçalo do Amarante	sem informação	2	D	-----	-----	Autor
96	Grutas da Praia da Taíba 7	São Gonçalo do Amarante	sem informação	2	D	-----	-----	Autor
97	Gruta da Igrejinha	Granja	sem informação	2	F	-----	-----	Site da Internet
98	Buraco da Velha	Parambu	sem informação	2	F	-----	-----	Site da Internet
99	Gruta da Assembléia de Deus	Quixadá	sem informação	2	F	-----	-----	Site da Internet
100	Gruta dos Vales	Quixadá	sem informação	2	F	-----	-----	Site da Internet
101	Gruta de São Francisco	Quixadá	sem informação	2	F	-----	-----	Site da Internet
102	Caverna do Lajedo Largo	Jaguaruana	sem informação	2	G	-----	-----	Site da Internet
103	Gruta do Sião	Boa Viagem	sem informação	3	I	-----	-----	ICCN
104	Gruta de Jericoacoara	Jijoca	Quartzito (?)	3	I	-----	-----	ICCN
105	Gruta do Túnel	Pacoti	sem informação	3	I	-----	-----	ICCN
106	Gruta da Feiticeira	Tamboril	sem informação	3	I	-----	-----	ICCN
107	Gruta do Sumidouro	Tururu	sem informação	3	I	-----	-----	ICCN
108	Bat-cavernas de escaladas	Redenção	sem informação	3	L	-----	-----	Site da Internet
109	Gruta do Joaquim da loca	Ipueiras	sem informação	3	M	-----	-----	Video da Internet
110	Gruta do homem das cavernas	Parambu	sem informação	3	M	-----	-----	Video da Internet
111	Gruta da praia - esguicho da baleia	Fortim	sem informação	3	N	-----	-----	Autor
112	Gruta do litoral de Icapuí	Icapuí	sem informação	3	N	-----	-----	Autor
113	Gruta de dentro do rio em Saboeiro	Saboeiro	sem informação	3	N	-----	-----	Autor

Fonte: Autor (2014)

Figura 35 - Quadro da distribuição das cavidades e indícios cavernícolas conhecidos por município

Distribuição das cavidades e indícios cavernícolas conhecidos por município		
Nº	MUNICÍPIO	QUANTIDADE
1	Ubajara	14
2	Tejuçuoca	11
3	Salitre	10
4	Pacujá	8
5	São Gonçalo do Amarante	7
6	Araripe	4
7	Campos Sales	4
8	Crato	4
9	Jaguaruana	4
10	Quixadá	4
11	Jardim	3
12	Tauá	3
13	Acarape	2
14	Granja	2
15	Nova Olinda	2
16	Parambu	2
17	Tianguá	2
18	Aiuaba	1
19	Aracati	1
20	Barbalha	1
21	Barreira	1
22	Beberibe	1
23	Boa Viagem	1
24	Forquilha	1
25	Fortim	1
26	Guaiúba	1
27	Guaraciaba do Norte	1
28	Icapuí	1
29	Ipueiras	1
30	Jijoca de Jericoacoara	1
31	Lavras da Mangabeira	1
32	Limoeiro do Norte	1
33	Madalena	1
34	Maranguape	1
35	Pacoti	1
36	Redenção	1
37	Saboeiro	1
38	Santa Quitéria	1
39	Santana do Cariri	1
40	Sobral	1
41	Tamboril	1
42	Tururu	1
43	Uruburetama	1
44	Viçosa do Ceará	1
	Total	113

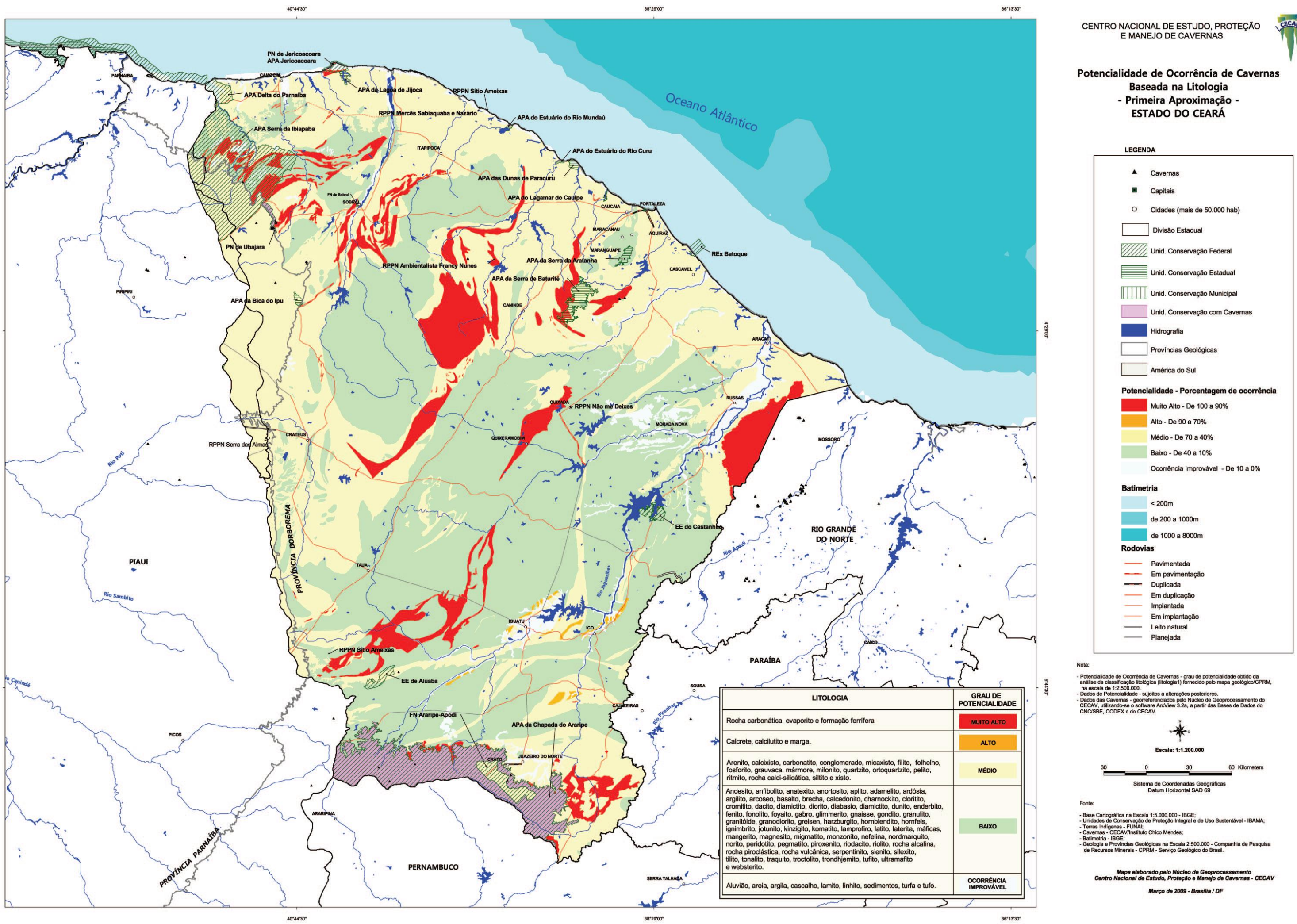
Fonte: Autor (2014)

Foram catalogados um total de 113 registros de cavidades naturais subterrâneas e indícios cavernícolas conhecidos no território do Estado do Ceará, até o período de fechamento da elaboração do levantamento de informações, em fevereiro de 2014.

Do total dos 113 registros levantados no trabalho de pesquisa, quanto à situação de cadastramento espeleológico das cavidades e indícios cavernícolas encontrados, estes apresentaram o seguinte perfil de distribuição: 76 registros de Cavidades conhecidas cadastradas, juntos ao CECAV, SBE ou RedespeleoBrasil (correspondendo ao Nível 1); 26 registros de Cavidades conhecidas não cadastradas (correspondendo ao Nível 2); e 11 registros de Indícios cavernícolas conhecidos (correspondendo ao Nível 3). Do material

catalogado, são 73 registros de Cavidades conhecidas cadastradas que apresentam as suas respectivas coordenadas de localização, sendo que 67 destes registros tiveram como fonte de origem das informações a *Base de Dados Geoespacializados das Cavernas do Brasil*, mantida pelo CECAV, que tem se demonstrado como uma das fonte de informação mais ampla e rica em detalhes.

Da análise das tabelas apresentadas acima, pode se observa que dos 184 municípios que compõem o Estado do Ceará, já existem registros de cavidades e/ou indícios cavernícolas conhecidos em 44 municípios. Isso corresponde a um total 23,91% ou quase $\frac{1}{4}$ (um quarto) dos municípios do estado. Nos demais municípios ainda não se têm informações sobre a existência ou indícios de patrimônio espeleológico, até o momento, apesar do significativo potencial espeleológico que o Ceará apresenta, como se pode observar no Mapa de potencialidade de ocorrência de cavernas baseada na litologia - Estado do Ceará, do CECAV (2009) (FIGURA 36).



CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS



Potencialidade de Ocorrência de Cavernas Baseada na Litologia - Primeira Aproximação - ESTADO DO CEARÁ

LEGENDA

- ▲ Cavernas
 - Capitais
 - Cidades (mais de 50.000 hab)
 - Divisão Estadual
 - ▨ Unid. Conservação Federal
 - ▧ Unid. Conservação Estadual
 - ▩ Unid. Conservação Municipal
 - ▭ Unid. Conservação com Cavernas
 - Hidrografia
 - Províncias Geológicas
 - América do Sul
- Potencialidade - Porcentagem de ocorrência**
- Muito Alto - De 100 a 90%
 - Alto - De 90 a 70%
 - Médio - De 70 a 40%
 - Baixo - De 40 a 10%
 - Ocorrência Improvável - De 10 a 0%
- Batimetria**
- < 200m
 - de 200 a 1000m
 - de 1000 a 8000m
- Rodovias**
- Pavimentada
 - Em pavimentação
 - Duplicada
 - Em duplicação
 - Implantada
 - Em implantação
 - Leito natural
 - Planejada

Nota:
 - Potencialidade de Ocorrência de Cavernas - grau de potencialidade obtido da análise da classificação litológica (litologia 1) fornecido pelo mapa geológico/CPRM, na escala de 1:2.500.000.
 - Dados de Potencialidade - sujeitos a alterações posteriores.
 - Dados das Cavernas - georeferenciados pelo Núcleo de Geoprocessamento do CECAV, utilizando-se o software ArcView 3.2a, a partir das Bases de Dados do CNC/SBE, CODEX e do CECAV.



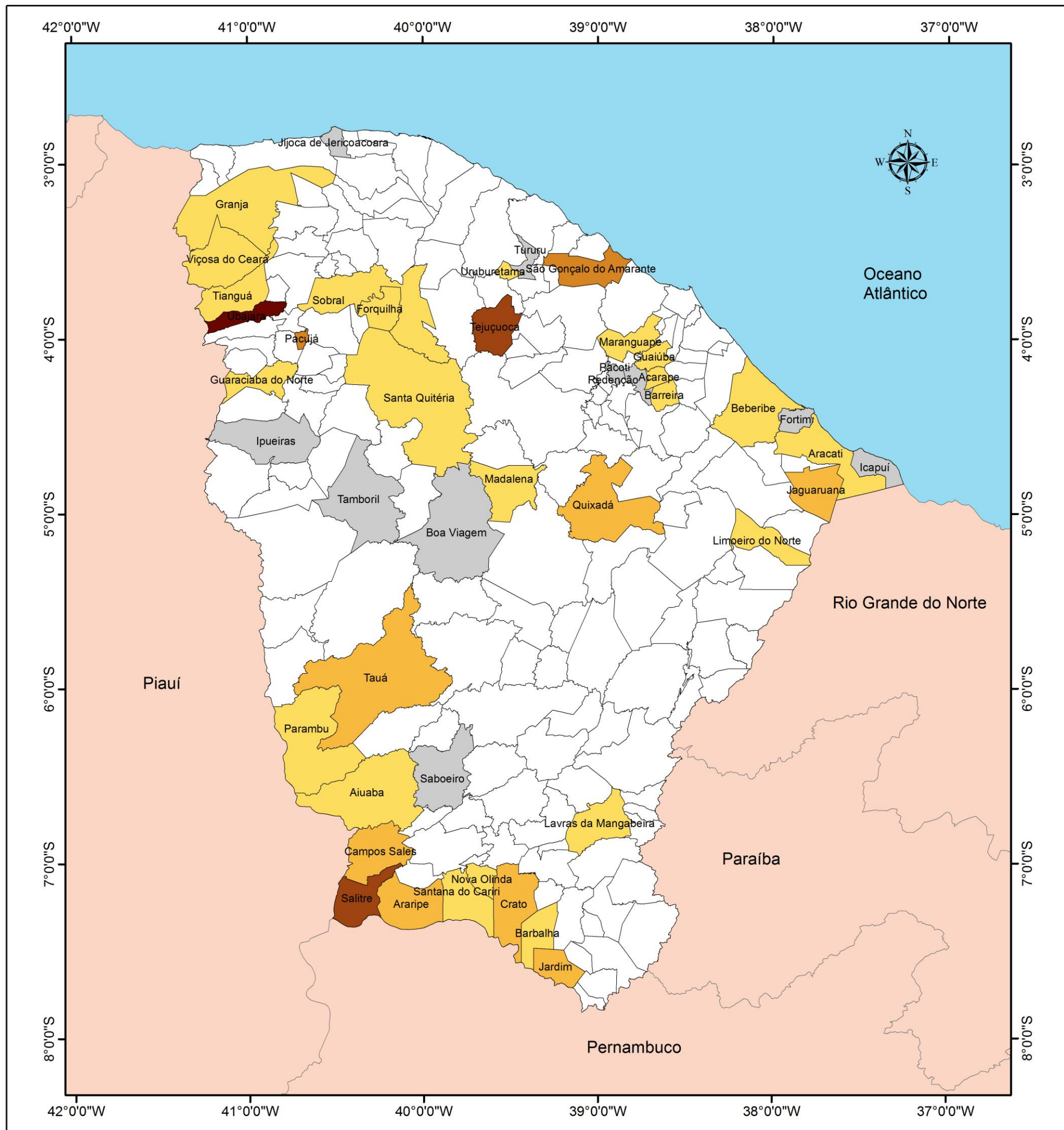
Escala: 1:1.200.000
 Sistema de Coordenadas Geográficas Datum Horizontal SAD 69

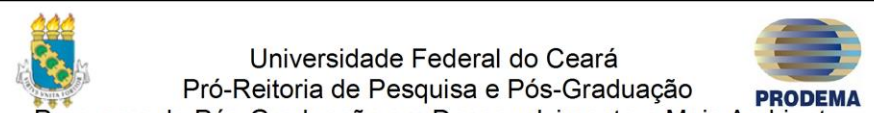
Fonte:
 - Base Cartográfica na Escala 1:5.000.000 - IBGE;
 - Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Uso Sustentável - IBAMA;
 - Terras Indígenas - FUNAI;
 - Cavernas - CECAV/Instituto Chico Mendes;
 - Batimetria - IBGE;
 - Geologia e Províncias Geológicas na Escala 2:500.000 - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM - Serviço Geológico do Brasil.

Mapa elaborado pelo Núcleo de Geoprocessamento Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas - CECAV
 Março de 2009 - Brasília / DF

LITOLOGIA	GRAU DE POTENCIALIDADE
Rocha carbonática, evaporito e formação ferrífera	MUITO ALTO
Calcrete, calcilutito e margas.	ALTO
Arenito, calcixisto, carbonatito, conglomerado, micaxisto, filito, folhelho, fosforito, gravaca, mármore, milonito, quartzo, ortoquartzito, pelito, ritmito, rocha calci-silicática, silito e xisto.	MÉDIO
Andesito, anfíbolito, anatexito, anortosito, apilito, adamelito, ardósia, argilito, arcoseo, basalto, brecha, calcadonito, charnockito, cloritito, cromilito, dacito, diamictito, diorito, diabasio, diamictito, dunito, enderbrito, fenito, fonolito, foyaito, gabro, glimmerito, gnaisse, gondito, granulito, granitóide, granodiorito, greisen, harzburgito, hornbiendito, hornfels, ignimbrito, jotunito, kinzigito, komatito, lamprofiro, latito, laterita, máficas, mangerito, magnesito, migmatito, monzonito, nefelina, nordmarquito, norito, peridotito, pegmatito, piroxenito, riadacito, riolito, rocha alcalina, rocha piroclástica, rocha vulcânica, serpentinito, sienito, silxito, tilito, tonalito, traquito, troctolito, trondhjemitito, tufito, ultramafito e websterito.	BAIXO
Aluvião, areia, argila, cascalho, lamito, linhito, sedimentos, turfa e tufo.	OCORRÊNCIA IMPROVÁVEL

Para ilustrar a situação de necessidade de atualização dos cadastros espeleológicos nacionais existentes, de “reconhecimento” oficial das instituições responsáveis pela espeleologia no país, do que realmente existe de cavernas conhecidas no Ceará, pode se observar a seguinte comparação de dados: enquanto o Atual Levantamento de Informações sobre as Cavernas Conhecidas no Ceará, elaborado pelo autor e apresentado nesta dissertação, registra a existência de 102 Cavidades conhecidas (Nível 1 + Nível 2) e 11 registros de Indícios cavernícolas conhecidos (Nível 3) no território cearense, em 44 municípios, como se pode observar na FIGURA 37- Mapa dos Municípios do Estado do Ceará com Ocorrência de Cavernas, elaborado pelo autor; a *Base de Dados Geoespacializados das Cavernas do Brasil*, do CECAV, mostra 73 cavidades disponibilizadas, em apenas 20 municípios, que pode ser observado na a FIGURA 38- Mapa dos Municípios do Ceará com Cavernas Cadastradas do CECAV, elaborado pelo autor; o Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE), também do CECAV, exibiu somente 41 cavernas cadastradas; e o Cadastro Nacional de Cavernas (CNC), contabiliza apenas 44 cavernas cadastradas.














Universidade Federal do Ceará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente
Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente

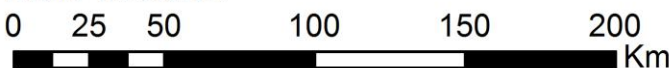
Título da Dissertação
A espeleologia e as cavernas no Ceará:
conhecimentos, proteção ambiental e panorama atual.

**Mapa dos municípios do estado do Ceará com
ocorrência de cavernas**

Autor: Felipe Antônio Dantas Monteiro
Orientadora: Marta Celina Linhares Sales


Convenções Cartográficas		Legenda	
	Nordeste		1 a 2
	Ceará		3 a 4
			7 a 8
			10 a 11
			14
			Com indícios
			Sem registro

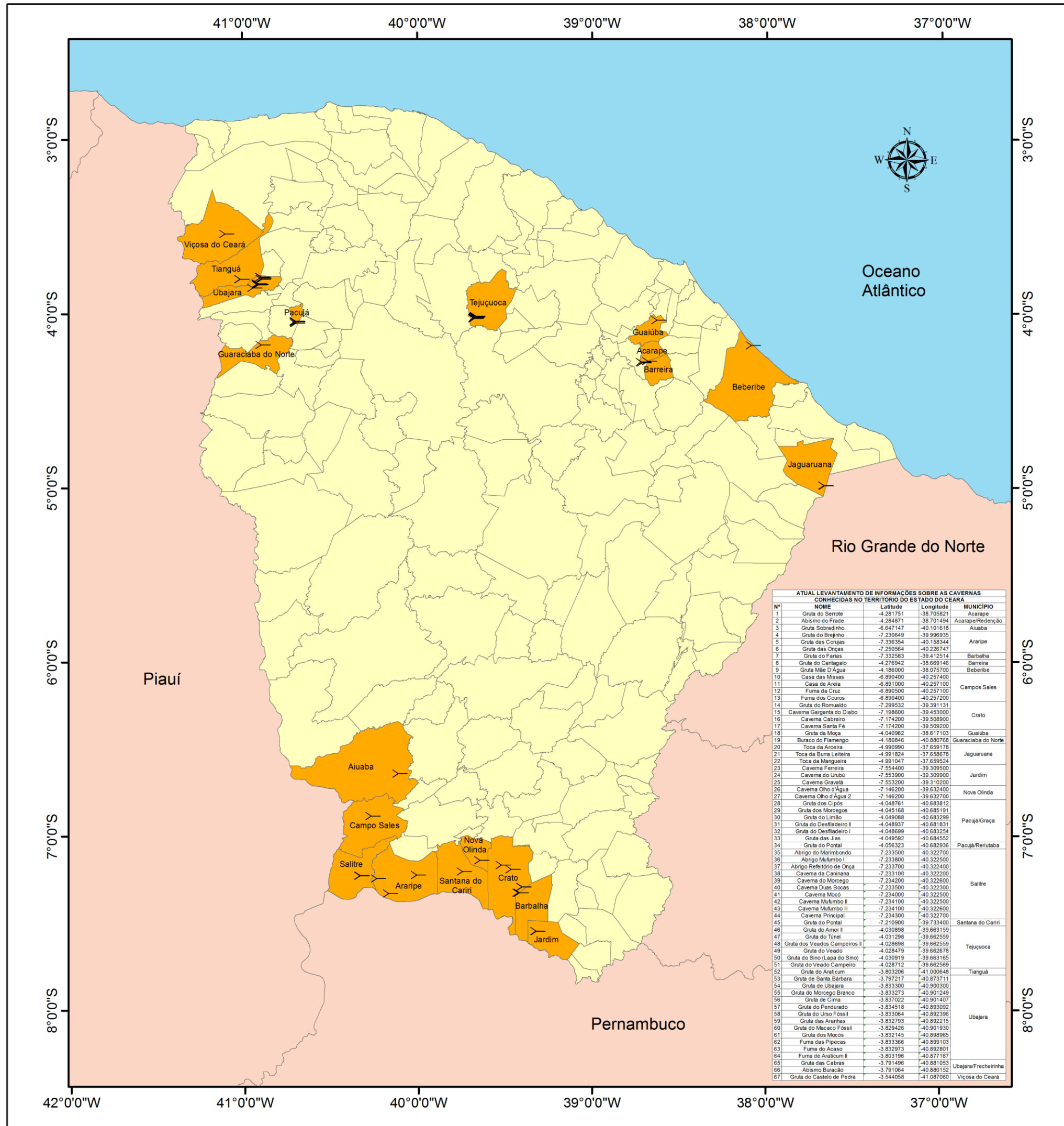
Escala 1:2.500.000



0 25 50 100 150 200 Km

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SAD 69
Fonte: CECAV-ICMBio/SBE/REDESPELEO/GEECE/IPECE/SEMACE
Elaboração: Felipe Ant^o Dantas Monteiro





Universidade Federal do Ceará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente
Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente

Título da Dissertação
A espeleologia e as cavernas no Ceará:
conhecimentos, proteção ambiental e panorama atual.

Mapa dos municípios do estado do Ceará com cavernas cadastradas no CECAV

Autor: Felipe Antônio Dantas Monteiro
Orientadora: Marta Celina Linhares Sales

Convenções Cartográficas

Nordeste

Ceará

Legenda

Municípios com cavernas

Caverna

Sem registro

Com cavernas

Escala 1:2.500.000

0 25 50 100 150 200 Km

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SAD 69
Fonte: CECAV-ICMBio/SBE/REDESPELEO/GEECE/IPECE/SEMACE
Elaboração: Felipe Ant^o Dantas Monteiro

Muitas das cavidades conhecidas no Ceará, que estão registradas neste trabalho de levantamento de informações sobre cavernas, não apresentam as suas respectivas coordenadas de localização, inclusive é o caso de algumas cavidades cearenses cadastradas no Cadastro Nacional de Cavernas (CNC) da SBE.

Diante do quadro de grande carência de informações atuais (oficiais e não oficiais), torna-se praticamente inexequível a tarefa de elaborar uma adequada descrição da situação do patrimônio espeleológico no Estado do Ceará. Deste modo, o que se consegue destacar para compor o panorama atual, além do que já foi exposto, são principalmente as questões relacionadas ao uso e conservação de algumas cavidades no território cearense.

Com relação ao uso turístico das cavernas no Ceará, o maior destaque continua sendo a Gruta de Ubajara, situada dentro do Parque Nacional de mesmo nome, que há décadas é conhecida nacionalmente e é uma das principais referências no turismo espeleológico no Brasil. O principal acesso a gruta é feito através de um teleférico e as visitas são controladas e monitoradas por guias autorizados, “limitado a 300 pessoas por dia, com grupos de 12 pessoas de cada vez, em intervalos de 15 minutos entre cada grupo” (ICMBio). O conjunto destas condições mencionadas tem resguardado o estado de conservação da gruta, mesmo com um significativo fluxo turístico, que ocorre de forma permanente durante todo o ano. Também merecem a atenção, os casos de uso turístico de cavernas nos Municípios de Tejuçuoca, Beberibe e Madalena.

Em Tejuçuoca, existe uma área conhecida como “Parque Ecológico Furna dos Ossos” que é composto por um rico patrimônio espeleológico com várias grutas e outras formações rochosas, localizado dentro da reserva legal de um assento rural. A área do conjunto de grutas é cercada e mantida em bom estado de conservação pelos próprios assentados, que organizam visitas guiadas em alguns períodos do ano (XIMENES, 2005). O Parque Ecológico Furna dos Ossos está em processo de estudos para a possível criação de uma Unidade de Conservação (UC) no local.

Com relação à situação do uso turístico do patrimônio espeleológico nos Municípios de Beberibe e Madalena, destaca-se pelo forte antropismo. A gruta Mãe d’água localizada próximo ao Monumento Natural das Falésias de Beberibe (Unidade de Conservação estadual), na famosa praia do Morro Branco, é um dos principais pontos turístico do local e vem recebendo de forma permanente, todas as semanas, um grande fluxo de visitas, sem nenhum controle ou cuidado ambiental (SILVA, 2008). No Município de Madalena, o patrimônio espeleológico conhecido como Casa de Pedra, se encontra também dentro da reserva legal de um assento rural, mas numa área totalmente aberta e muito próxima

de uma estrada carroçável. Nesta cavidade que tem inclusive vestígios arqueológicos, registram-se várias marcas de ações antrópicas degradadoras, como muitas pichações, que são consequências diretas das visitas eventuais, sem controle, que ocorrem nesta área (CONPAM-CEARÁ).

Ainda sobre a situação do uso do patrimônio espeleológico no Estado do Ceará, ressalta-se a questão da necessidade de efetivação de procedimentos adequados nos processos de licenciamento ambiental, em áreas de patrimônio espeleológico e potencial ocorrência no território do Estado do Ceará. Para que, desta forma, se cumpra a legislação pertinente e se garanta a proteção a este patrimônio, que é um “bem da União” e para todos (MONTEIRO, 2011, 2013, 2014).

Quanto à conservação das cavernas no Ceará, ressalta-se neste cenário as cavidades naturais subterrâneas que se encontram abrigadas, dentro de Unidades de Conservação (UC) em território cearense. O CECAV em 2009 publicou o *Relatório Demonstrativo da Situação Atual das Cavidades Naturais Subterrâneas – por unidade da federação – Estado do Ceará*. Neste documento o CECAV informa que conseguiu identificar e localizar 14 cavidades dentro de UC, na época: 9 cavidades no Parque Nacional de Ubajara, e 5 na Área de Proteção Ambiental da Chapada do Araripe (ambas UC federais). Atualmente também existem informações sobre a ocorrência de 1 cavidade no Parque Estadual das Carnaúbas, localizado entre os Municípios de Granja e Viçosa do Ceará, UC que é administrada pelo Conselho de Políticas e Gestão do Meio Ambiente (CONPAM) do Estado do Ceará.

Por fim, é importante destacar o que preconiza a Lei Federal nº 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), e divide as UC em dois grupos: UC de Uso Sustentável e UC de Proteção Integral. Segundo esta lei, as UC de Uso Sustentável têm como objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável dos seus recursos naturais, que é caso da Área de Proteção Ambiental da Chapada do Araripe. Porém, as UC de Proteção Integral têm como objetivo preservar a natureza, admitindo apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, como é o caso do Parque Nacional de Ubajara e do Parque Estadual das Carnaúbas. Desta forma, amparados pela legislação, as UC de Proteção Integral tem comumente demonstrado proporcionar uma maior proteção contra os impactos ambientais provocados pela ação antrópica.

4.5- Recomendações de uso e conservação do Patrimônio Espeleológico no Ceará

Tendo como base, a análise das informações contidas neste trabalho de dissertação, o *Plano de Ação Nacional para a Conservação do Patrimônio Espeleológico nas Áreas Cársticas da Bacia do Rio São Francisco* (PAN), desenvolvido pelo CECAV (CAVALCANTI *et al.*, 2012), a tese de doutorado de Marra (2008), que trata sobre a questão das cavernas no Brasil, e em atendimento ao princípio da precaução, pode se apresentar algumas importantes recomendações de uso e conservação do Patrimônio Espeleológico no Ceará. Essas recomendações preliminares, não se constituem como um conjunto de diretrizes prontas e acabadas, pelo contrario, visam estimular discussões e estudos mais aprofundados sobre o assunto e fundamentar políticas públicas de proteção e gestão ambiental das cavidades naturais subterrâneas e suas áreas de potencial ocorrência. Desta forma, destacam-se as seguintes recomendações de uso e conservação do Patrimônio Espeleológico no Estado do Ceará:

- Estabelecimento de Grupo de Trabalho (GT) para discutir, planejar e realizar ações relativas ao cumprimento das exigências legais sobre a Proteção do Patrimônio Espeleológico no Ceará, contando com a participação de instituições públicas relacionadas à questão, principalmente os órgãos de gestão ambiental, e sociedade civil;
- Sistematização, mapeamento e divulgação de informações sobre o Patrimônio Espeleológico no Ceará;
- Definição de procedimentos e orientações para processos de licenciamento ambiental quando pertinente ao Patrimônio Espeleológico (destaque para as áreas de influencia) no Estado do Ceará
- Estabelecimento pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA) de normatização de disciplinamento em nível de território cearense, quanto a processos de licenciamento ambiental municipais que envolvam o Patrimônio Espeleológico
- Monitoramento periódico da situação das cavernas existente e das ocorrências de indícios cavernícolas, e acompanhamento da gestão ambiental dos seus respectivos municípios;
- Acompanhamento sobre os municípios com forte exploração de calcário e de dolomito, devido aos potenciais impactos ambientais ao patrimônio espeleológico, provocados por esta atividade econômica;

- Estruturação do uso turístico de cavernas no Ceará, de acordo com as condições necessárias para assegurar a proteção legal aos ecossistemas cavernícolas;
- Elaboração dos planos de manejo espeleológicos das cavernas que são utilizadas com frequência para o turismo;
- Ampliação do conhecimento sobre o Patrimônio Espeleológico cearense e áreas de potencial ocorrência, aproveitando as fontes de financiamento e fomento para a pesquisa;
- Elaboração de procedimentos, mecanismos e protocolos, baseados em estudos técnico-científicos, para definição de área de proteção e uso das cavidades;
- Criação e manutenção de áreas protegidas para a conservação do Patrimônio Espeleológico, como Unidades de Conservação, principalmente de Proteção Integral;
- Aperfeiçoamento da gestão pública para a articulação de atores (governamentais e não governamentais) e integração de políticas públicas;
- Aprimoramento, intensificação e integração das ações e órgãos envolvidos na fiscalização do Patrimônio Espeleológico;
- Revisão e elaboração de instrumentos de planejamento e gestão territorial, para o ordenamento do uso do Patrimônio Espeleológico e áreas de potencial ocorrência;
- Fortalecimento da articulação e integração de esforços entre iniciativa pública, privada e sociedade civil para regulamentação do uso sustentável das cavernas turísticas;
- Implementação de estratégias para a formação de pessoal diretamente envolvido com a questão da Espeleologia, visando gestão, estudo, pesquisa, uso sustentável e conservação;
- Sensibilização e mobilização do poder público e sociedade em geral (em especial as comunidades situadas em áreas de ocorrência de cavernas) acerca da importância do Patrimônio Espeleológico.

5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Escrever uma dissertação sobre a espeleologia, no Brasil, não é uma tarefa muito fácil, inclusive devido às dificuldades de encontrar as poucas e até raras publicações existentes sobre esse assunto, além disso, no mesmo trabalho dissertar também sobre as cavernas do Ceará, torna a missão ainda mais complicada.

Esse trabalho de dissertação, que pode ser considerado praticamente inédito no meio acadêmico cearense, devido à incomum temática abordada – *A Espeleologia e as Cavernas no Ceará: conceitos, proteção ambiental e panorama atual*, têm como simples intenção contribuir na construção do conhecimento sobre o Patrimônio Espeleológico no Brasil e principalmente no Estado do Ceará, e colaborar com a fundamentação de políticas públicas de proteção e gestão ambiental das cavidades naturais subterrâneas e suas áreas de potencial ocorrência. Desta forma, o respectivo estudo de mestrado é apresentado, para que possa cumprir o seu papel acadêmico e socioambiental, e ir além da teoria, e na prática ajudar na concepção de um real “desenvolvimento sustentável”, que seja economicamente viável, socialmente justo e ambientalmente correto.

Partindo da ideia que, é fundamental conhecer para proteger, e sabendo-se que a própria palavra *espeleologia* e o seu respectivo significado, é praticamente desconhecido e ignorado para grande parte das pessoas, apesar de quase todos saberem o que uma caverna desde a infância, esse trabalho de dissertação, antes de tudo, tem o dever de revelar e esclarecer para o público, o que é a espeleologia, seus conceitos básicos, conhecimentos produzidos, e porque realmente as cavernas são importantes.

Diante do exposto, simplesmente dizer que a palavra espeleologia significa estudo de cavernas, não seria suficiente. Dentre as várias definições de espeleologia estudadas, a que mais tem se destacado, com grande aceitação internacional, foi elaborada por Gèze (1968 *apud* SOUZA, 2012, p. 61), e define a espeleologia como uma “disciplina consagrada ao estudo das cavernas, de sua gênese e de sua evolução, do meio físico que elas representam, de sua população biológica atual ou passada, como também dos meios e técnicas que são próprios para seu estudo”.

Quanto à melhor definição de caverna, a União Internacional de Espeleologia (UIS), descreve a caverna como uma “abertura natural formada em rocha abaixo da superfície do terreno, larga o suficiente para a entrada do homem” (PILÓ; AULER, 2010). A legislação brasileira apresenta um conceito que vai além, e descreve como “cavidade natural subterrânea todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura

identificada, popularmente conhecido como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna ou buraco”, e ainda assevera cuidadosamente “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” (BRASIL, 1990).

Sobre a espeleologia, pode se destacar o seu caráter predominantemente interdisciplinar e científico, como também o aspecto de atividade esportiva inerente à exploração de cavernas (LINO, 1989). Geralmente as pessoas que se dedicam à espeleologia, que são conhecidas como espeleólogos, iniciaram as suas atividades em grupos de espeleologia e excursionismo, a maioria ligada a universidades, principalmente relacionadas a geologia, geografia, biologia, arqueologia, paleontologia, turismo, e meio ambiente. Segundo Figueiredo (2010), em sua pesquisa, as características que melhor definem o ser espeleólogo, são: paixão, conhecimento/técnica, aventura, ambientalismo, participação e interações/relações interpessoais entre praticantes dessa atividade.

A interdisciplinaridade é intrínseca a espeleologia, sendo necessária para se tentar abranger a amplitude de conhecimentos sobre o universo desses mundos subterrâneos e suas nuances. Dentre as subdivisões dos estudos e atividades relativos à espeleologia, destaca-se: geoespeleologia (geologia de cavernas); espeleogênese (formação de cavernas); climatologia subterrânea (climas de cavernas, paleoclimatologia); hidrologia subterrânea (hidrologia cavernícola); carstologia (áreas cársticas ou espeleologia física); bioespeleologia (ecologia de cavernas); espeleopaleontologia (paleontologia cavernícola); antropoespeleologia (arqueologia de cavernas, espeleo-mitologia, espeleologia econômica); espeleoprospecção (exploração de cavernas); espeleometria (topografia de cavernas); espeleodocumentação (espeleofoto, espeleocartografia); espeleoturismo (turismo em cavernas); espeleoresgate (resgate em cavernas ou espeleo-socorro); espeleoinclusão (acessibilidade de PNE em cavernas); e etc.

No Brasil, nas últimas décadas, a espeleologia vem chamando a atenção de grandes mineradoras, devido à ocorrência de minerais importantes, como o calcário e o ferro, em áreas em que existem cavernas. Em razão dessa pressão econômica, para a realização de atividades de mineração nestas áreas, a espeleologia vem ganhando projeção no cenário nacional, com um significativo aumento da produção de estudos científicos e profissionais, muitos relacionados à questão dos processos de licenciamento ambiental em áreas de patrimônio espeleológico.

A legislação brasileira define como patrimônio espeleológico “o conjunto de elementos bióticos e abióticos, sócio-econômicos e histórico-culturais, subterrâneos ou superficiais, representados pelas cavidades naturais subterrâneas ou a estas associados” (BRASIL, 1990).

A ocorrência de cavernas se dá principalmente nos terrenos conhecidos como *cársticos*, *carste* ou *karst*, que são áreas com predominância de rochas solúveis, como as carbonáticas (particularmente calcários e dolomitos) e além de outras. As paisagens cársticas apresentam como processo principal de formação do relevo, a dissolução da rocha pela ação da água, através do tempo geológico, dando origem a formações como: cavernas com espeleotemas (estalactites, estalagmites e etc.), dolinas, abrigos rochosos, lapiás, sumidouros, vales cegos, paredões, relevo ruiforme, e outros.

Quanto às classificações das cavidades naturais subterrâneas, Palmer (2006) esclarece que existem muitas variedades de cavernas, que se diferenciam em sua origem, tipo de rocha hospedeira e aparência, e as classificações dessas cavidades tem se configurado como informais e flexíveis. O CECAV, por exemplo, orienta inicialmente estabelecer a diferença entre caverna, abrigo e abismo. Com base nos estudos desta dissertação, pode se destacar os seguintes tipos de cavernas, quanto a sua origem (espeleogênese): Cavernas vulcânicas (tubos de lava); Cavernas em tálus (pedregulho); Cavernas de fenda e tectônicas; Cavernas de dissolução (cársticas, são as mais comuns e conhecidas); Cavernas de *Tafone* (intemperismo cavernoso); Cavernas marinhas (erosão de ondas); Cavernas de erosão de ventos; Cavernas de erosão de correntezas; Cavernas de tubulação (*Piping caves*); Cavernas em tufa; Cavernas abrigo (*Shelter caves*); Cavernas de gelo e Cavernas em geleiras.

Sobre a importância do patrimônio espeleológico, as cavernas além de terem servido de abrigo para o homem na pré-história, guardam importantes registros, são como celeiros naturais e culturais, de valiosas descobertas paleontológicas (fósseis de seres extintos), paleoambientais (vestígios de climas pré-históricos), arqueológicas (pinturas rupestres, ossadas e artefatos de ancestrais) e antropológicas (manifestações religiosas, santuários). No Brasil, merece grande destaque os estudos realizados pelo naturalista dinamarquês Peter Lund, considerado como pai da arqueologia e paleontologia brasileira, que nos anos de 1835 a 1844 fez importantes descobertas, explorando mais de 800 grutas e abrigos rochosos, na região do carste da Lagoa Santa - MG, local conhecido como berço da arqueologia e paleontologia no Brasil.

Os ambientes cavernícolas, também são importantes devido às peculiaridades de seus ecossistemas subterrâneos, bastante singulares e frágeis, inclusive com espécies

endêmicas e raras, estudados pela chamada bioespeleologia ou espeleobiologia, ou ainda biologia subterrânea. A fauna cavernícola é comumente classificada em espécies que se enquadram em três grupos: troglóxenos, troglófilos e troglóbios. Em especial se distinguem os troglóbios, que são espécies que se restringem ao interior de ambientes cavernícolas, na zona afótica (sem luz), apresentam características como despigmentação, ausência de olhos, alongamento dos apêndices sensoriais, e grande susceptibilidade às alterações que ocorram nas condições normalmente estáveis do ambiente cavernícola (FERREIRA, R. L., 2010).

A utilização das cavidades naturais subterrâneas pelo homem ocorreu na pré-história, e também ao longo de toda a história da humanidade até os dias de hoje. Dentre os vários registros existentes da utilização do patrimônio espeleológico pelo homem, merece destaque o uso como: abrigo, esconderijo, moradia, hotel, local de peregrinação, santuário, castelo, base militar, extração de salitre, depósito de materiais, hospital, exploração de água, mineração de calcário e de ferro, depósito de lixo e agrotóxico, curral de animais, garagem, local de turismo, cenário de filmes, teatro, restaurante, bar, laboratórios, escola, campo de futebol, e até boate. “A história do uso das cavernas pelo ser humano ao longo de sua escala evolutiva nos revela a importância que o conhecimento atual das mesmas representa para a humanidade” (MEDEIROS, 2010). Mas no processo de utilização destas cavernas, algumas atividades humanas vêm causando expressivos impactos ambientais negativos ao patrimônio espeleológico.

Para muitos estudiosos, as paisagens cársticas e as cavernas podem ser consideradas como domínios frágeis e peculiares, em que as alterações ambientais, podem significar sérias ameaças à integridade do meio subterrâneo e seu ecossistema. As áreas cársticas exigem uma análise ambiental especializada devido ao contexto diferenciado dos elementos de seus ecossistemas. Ressalta-se dentre as questões relativas às fragilidades desses ambientes: o risco de colapso (desabamento) das estruturas das cavernas e a formação de dolinas; a poluição e os impactos na dinâmica hidrológica subterrânea; e as ameaças aos ecossistemas e seus organismos cavernícolas.

Sobre os impactos ambientais ao patrimônio espeleológico, os estudos indicam que eles podem ser desde pequena proporção e localizados, como a quebra de espeleotemas, até de grande proporção, como a supressão (destruição) total da caverna. Nos últimos tempos, as áreas cársticas têm apresentado expressivo valor para algumas atividades humanas, que por sua vez, tem causado expressivos impactos ambientais negativos ao patrimônio espeleológico, no caso do Brasil deve se destacar: extração de recursos minerais (calcário, minério de ferro, etc.); agropecuária e utilização de recursos florestais; turismo (de massa, religioso, e

visitações eventuais); grandes obras de engenharia (barragens, rodovias, ferrovias, etc.); ocupação urbana e industrial; dentre outras. Dentre os principais impactos ambientais observados, registra-se: supressão da caverna (destruição); rachaduras, deslocamentos de camadas da rocha, colapso de galerias e quebras de espeleotemas; supressão vegetal da área de influencia da caverna; problemas com processos erosivos; superexploração de águas subterrâneas e rebaixamento do aquífero; alterações na dinâmica hídrica do carste; impactos na instalação de obras, loteamentos e indústrias; alterações estruturais; impactos dos sistemas de iluminação; alterações microclimáticas; poluição (águas subterrâneas, agroquímicos, resíduos sólidos, sonora); utilização inadequada de cavernas e etc.

Considera-se fundamental analisar criteriosamente os potenciais impactos ambientais às áreas cársticas e ao patrimônio espeleológico, que podem ser provocados por cada atividade econômica, objetivando buscar a prevenção adequada para minimizar os impactos e melhor promover a gestão socioambiental das complexas regiões cársticas e do patrimônio espeleológico.

Com relação à proteção do patrimônio espeleológico no Brasil, as cavidades naturais subterrâneas são proclamadas pela Constituição Federal de 1988, como “bens da União” e existe no país uma legislação pertinente à proteção deste patrimônio natural. Essa legislação é composta por decretos, resoluções do CONAMA, portarias e instruções normativas do IBAMA, ICMBio e MMA, leis, e pela Constituição Federal. Diante deste conjunto de normas, deve se ressaltar algumas mais relevantes para o estudo em questão.

A Resolução do CONAMA nº 005/1987, aprova o *Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico*, e institui “a obrigatoriedade de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental nos casos de empreendimento potencialmente lesivos ao Patrimônio Espeleológico Nacional” (CONAMA, 1987). O Decreto Federal nº 99.556/1990, dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e estabelece que “as cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional constituem patrimônio cultural brasileiro, e, como tal, serão preservadas e conservadas” (BRASIL, 1990).

Já a Resolução do CONAMA nº 347/2004, alegando a necessidade de licenciamento ambiental das atividades que afetem ou possam afetar o patrimônio espeleológico, e incorporação de instrumentos de gestão ambiental, revoga totalmente a Resolução do CONAMA nº 005/1987 e institui o conceito de cavidade natural subterrânea relevante para fins de licenciamento ambiental (CONAMA, 2004).

O Decreto Federal nº 6.640/2008 altera de forma expressiva praticamente a totalidade do Decreto nº 99.556/1990, que trata da proteção das cavernas no Brasil. Prevê a

classificação das cavernas em graus de relevância: máximo, alto, médio e baixo. Decreta que as cavernas de relevância máxima “não podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis”, mas as demais cavernas classificadas com grau de relevância alto, médio ou baixo poderão “ser objeto de impactos negativos irreversíveis, mediante licenciamento ambiental” (BRASIL, 2008). E a Instrução Normativa nº 02/2009 do Ministério do Meio Ambiente (MMA) estabelece a respectiva metodologia para a classificação do grau de relevância das cavernas (MMA, 2009).

De acordo com a análise de Piló e Auler (2010), é possível distinguir três momentos no histórico da legislação que trata das cavernas no Brasil. O primeiro momento está relacionado a normas como a Resolução do CONAMA nº 005/1987 e o Decreto nº 99.556/1990, caracteriza-se como o “momento inicial, com perfil altamente conservador e restritivo quanto ao uso das cavernas brasileiras”. O segundo momento, em que se destaca a Resolução do CONAMA nº 347/2004, configura-se como de “conteúdo transicional, entre uma fase de legislação muito restritiva, para uma fase mais flexível quanto ao uso das cavernas”. O terceiro momento é compreendido pelo Decreto nº 6.640/2008 e a Instrução Normativa do MMA nº 02/2009, “que através do estabelecimento de um método criterioso de análise de relevância das cavernas brasileiras, busca identificar aquelas merecedoras de conservação”.

Destaca-se ainda que, no conjunto da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei Federal nº 6.938/1981, deve se ressaltar para o planejamento e gestão ambiental do patrimônio espeleológico, a relevância de instrumentos estabelecidos pela PNMA, como além do licenciamento ambiental, a criação de espaços territoriais especialmente protegidos, a exemplo das Unidades de Conservação (BRASIL, 1981). Desta forma, é importante observa-se que, quando o empreendimento provocar impactos negativos irreversíveis em cavernas, a compensação ambiental prevista na Lei nº 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), deverá ser prioritariamente destinada à criação e implementação de Unidade de Conservação em área de interesse espeleológico, sempre que possível na região do empreendimento, segundo o que determina o Decreto Federal nº 6.640/2008 (BRASIL, 2000, 2008).

A legislação brasileira pertinente às cavidades naturais subterrâneas, que inicialmente caracterizava-se como bastante restritiva e preservacionista, atualmente com as mudanças ocorridas, demonstra-se bastante flexível, permitindo inclusive a supressão (destruição) de cavernas, através da aprovação de processos de licenciamento ambiental. Mas a mesma legislação impõem ao empreendedor e ao órgão licenciador um conjunto de

procedimentos, estudos, critérios específicos e a necessidade de um corpo técnico qualificado para a realização de atividades relacionadas ao patrimônio espeleológico. E mais recentemente, deve se observar com bastante cautela as potenciais implicações decorrentes da Lei Complementar nº 140/2011, que definiu as competências para o licenciamento ambiental entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios (BRASIL, 2011). É importante advertir que, o incremento desta Lei Complementar pode possibilitar a ocorrência de licenciamentos ambientais municipais, sem a devida efetivação das exigências legais para a proteção do patrimônio espeleológico.

Sobre a elaboração do panorama atual do patrimônio espeleológico no Estado do Ceará, que é um das finalidades principais desta dissertação, são bem expressivas as dificuldades existentes para a realização desta tarefa. Destaca-se especialmente, a significativa escassez de publicações e demais informações pertinentes a essa temática. Deste modo, faz-se necessário o desenvolvimento de metodologia que consiga superar os empecilhos e cumprir esse objetivo proposto. Assim, buscou-se a princípio analisar as experiências e trabalhos já realizados, quanto aos levantamentos e cadastros espeleológicos no Brasil, e procedeu-se especificamente uma pesquisa mais aprofundada, de informações produzidas e publicadas em bibliografias e documentos, sobre a importância do patrimônio espeleológico do Ceará e os levantamentos de cavernas cearenses já realizados até o momento.

Da análise dos levantamentos e cadastros espeleológicos no Brasil, estudados neste trabalho, se sobressaíram a *Base de Dados Geoespacializados das Cavernas do Brasil* e o *Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE)*, que são mantidos pelo CECAV, e o *Cadastro Nacional de Cavernas (CNC)*, organizado pela Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE). Salienta-se que, os espeleólogos estimam que no Brasil, apenas cerca de 5% das cavernas existentes tenham sido identificadas.

Quanto à importância do patrimônio espeleológico do Ceará e os principais levantamentos de cavernas cearenses, apesar das pouquíssimas publicações e informações pertinentes disponíveis encontradas, ressaltam-se a seguir algumas observações importantes. Praticamente todos os materiais encontrados citam a relevância do patrimônio espeleológico cearenses, principalmente enfatizando a gruta de Ubajara e o Parque Nacional onde se localiza a gruta, que é uma das referências mais importantes de turismo espeleológico no país há décadas. Também foi encontrado um documento memorável, datado de 1998, que faz um breve panorama sobre o patrimônio espeleológico cearense, elaborado por Ximenes (1998), que era um dos principais responsáveis por um grupo de espeleologia que existiu no Ceará, no período de 1986 a 2005.

O atual levantamento de informações sobre as cavernas conhecidas no Ceará, que foi realizado por este trabalho de dissertação, de forma preliminar, apresenta a seguir alguns resultados importantes, que expõem a situação do patrimônio espeleológico cearense. Neste levantamento foram catalogados um total de 113 registros e indícios de cavidades naturais subterrâneas conhecidas no território do Estado do Ceará. Deste total, pode se observar o seguinte perfil de distribuição: 76 registros de Cavidades conhecidas cadastradas, juntos ao CECAV, SBE ou RedespeleoBrasil; 26 registros de Cavidades conhecidas não cadastradas; e 11 registros de Indícios cavernícolas conhecidos. Dos 184 municípios que compõem o Estado do Ceará, já existem registros de cavidades e/ou indícios cavernícolas conhecidos em 44 municípios. Isso corresponde a um total 23,91% ou quase $\frac{1}{4}$ (um quarto) dos municípios do estado. Tendo como base esses resultados, foram elaborados os seguintes materiais: Quadro do atual levantamento de informações sobre as cavernas conhecidas no Ceará (FIGURA 34); Quadro da distribuição das cavidades e indícios cavernícolas conhecidos por município no Ceará (FIGURA 35); Mapa dos municípios do estado do Ceará com ocorrência de cavernas (FIGURA 37); e Mapa dos municípios do Ceará com cavernas cadastradas do CECAV(FIGURA 38).

Em atendimento ao princípio da precaução, expresso na Resolução do CONAMA nº 347/2004, no final deste trabalho de dissertação, são apresentadas algumas importantes recomendações de uso e conservação do Patrimônio Espeleológico no Ceará. Essas recomendações preliminares, não devem ser interpretadas como um conjunto de diretrizes prontas e acabadas, mas sim, um estímulo para discussões, práticas e estudos mais aprofundados pertinentes ao assunto. Diante de tudo que foi exposto, esta dissertação se propõe a ser um instrumento para colaborar com a fundamentação de políticas públicas de proteção e gestão ambiental das cavidades naturais subterrâneas e suas áreas de potencial ocorrência, no território do Estado do Ceará.

REFERÊNCIAS

- AULER, A.; ZOGBI, L. **Espeleologia: noções básicas**. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2005.
- _____, A.; PILÓ, L. B. Geoespeleologia. *In: II Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental*. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), 2010.
- _____, A. Histórico da espeleologia brasileira: o Brasil colonial e a época dos naturalistas. **Redespeleo Brasil**, 02 abr. 2004. Disponível em: <<http://redespeleo.org.br/artigodet.asp?txtid=116>>. Acesso em: 04 mar. 2014.
- _____, A. Expedição cadastra tafoni na Bahia. **Conexão Subterrânea – Boletim Redespeleo**, São Paulo, n. 49, 25 abr. 2007. Disponível em: <http://www.redespeleo.org/admin/arquivos/25970220_conexao49.pdf>. Acesso em: 08 set. 2013.
- BARBOSA, E. P. Cavernas como espaços sagrados. *In: RASTEIRO, M. A.; MORATO, L. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA*, 32., 2013, Barreiras. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), 2013. p.157-165. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais32cbe/32cbe_157-165.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2014.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil** – texto constitucional promulgado em 05 de outubro de 1988. Brasília: Câmara dos Deputados, 2012.
- _____. Lei nº 6.938, de 27 de abril de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 set. 1981.
- _____. Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990. Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no Território Nacional. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 1 out. 1990.
- _____. Lei nº 8.028, de 12 de abril de 1990. Dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 abr. 1990 b.
- _____. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 jul. 2000.
- _____. Lei nº 11.516, de 28 de agosto de 2007. Dispõe sobre a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Instituto Chico Mendes; altera as Leis nos 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, 11.284, de 2 de março de 2006, 9.985, de 18 de julho de 2000, 10.410, de 11 de janeiro de 2002, 11.156, de 29 de julho de 2005, 11.357, de 19 de outubro de 2006, e 7.957, de 20 de dezembro de 1989; revoga dispositivos da Lei nº 8.028, de 12 de abril de 1990, e da Medida Provisória no 2.216-37, de 31 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 ago. 2007. Edição extra.

_____. Decreto nº 6.640, de 07 de novembro de 2008. Dispõe sobre nova redação para o Decreto no 99.556, de 01 de outubro de 1990. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 nov. 2008.

_____. Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 dez. 2011.

BRUGGER, Paula. **O vôo da águia: reflexões sobre método, interdisciplinaridade e meio ambiente**. Curitiba: Educar, nº 27, jun. 2006.

CAMARGO, A.L.B. **Desenvolvimento Sustentável: dimensões e desafios**. Campinas, SP: Papirus, 2003.

CAVALCANTI, L. F.; LIMA, M. F.; MEGUERDITCHIAN, I.; MEDEIROS, R. C. S.; LAMBLEM, H. S. Plano de Ação Nacional para Conservação do Patrimônio nas Áreas Cársticas da Bacia do Rio São Francisco. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 31., 2011. Ponta Grossa. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), 2011. p. 247-256.

_____.; LIMA, M. F. de; MEDEIROS, R. C. S. de; MEGUERDITCHIAN, I. **Plano de Ação Nacional para a Conservação do Patrimônio Espeleológico nas Áreas Cársticas da Bacia do Rio São Francisco – PAN Cavernas do São Francisco**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), 2012. 140 p. (Série Espécies Ameaçadas, 27).

_____.; *et al.*. A situação atual do patrimônio espeleológico brasileiro – dados preliminares. *In*: RASTEIRO, M.A.; MORATO, L. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 32., 2013. Barreiras. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), 2013. p.231-238. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais32cbe/32cbe_231-238.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2014.

CEARÁ. **Constituição do Estado do Ceará 1989**. Fortaleza: Assembleia Legislativa do Estado do Ceará, 2012.

CECAV-ICMBio. **Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV)** / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/>>. Acesso em: 1 ago. 2014.

_____. Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas – CANIE. **Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV)** / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>>. Acesso em: 1 ago. 2014.

_____. Base de dados geoespacializados das cavernas do Brasil. **Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV)** / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads/mapas.html>>. Acesso em: 1 ago. 2014.

_____. **Relatório Demonstrativo da Situação Atual das Cavidades Naturais Subterrâneas – por unidade da federação – Estado do Ceará**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), 2009 a.

_____. **Mapa de potencialidade de ocorrência de cavernas baseada na litologia - Estado do Ceará**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), 2009 b.

_____. **II Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), 2010 a.

_____. Identificação de cavidades naturais subterrâneas – suporte técnico ao processo de licenciamento. **Espeleo Info – boletim eletrônico do CECAV**, Brasília, ano 2, n. 3, dez. 2010 b. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/Boletim_Cecav_ano%202%20numero%203_2010%20versao%202.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2014.

_____. Brasil ultrapassa 10.000 cavernas conhecidas. **Espeleo Info – boletim eletrônico do CECAV**, Brasília, ano 3, edição especial, jan. 2012. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/Boletim_Cecav_ano%203_EdicaoEspecial_JAN2012.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2014.

CONAMA. Resolução nº 9, de 24 de janeiro de 1986. Dispõe sobre a criação de Comissão Especial para tratar de assuntos relativos à preservação do Patrimônio Espeleológico. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 07 abr. 1986.

_____. Resolução do nº 5, de 06 de agosto de 1987. Dispõe sobre aprovação do Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 out. 1987.

_____. Resolução do nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 dez. 1997.

_____. Resolução nº 347, de 10 de setembro de 2004. Dispõe sobre a proteção do Patrimônio Espeleológico. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 set. 2004.

_____. Resolução nº 428, de 17 de dezembro de 2010. Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3º do artigo 36 da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 dez. 2010.

CONPAM-CEARÁ. Conpam participa de GT para a proteção do Patrimônio Espeleológico do Ceará. **Conselho de Políticas e Gestão do Meio Ambiente (CONPAM)**, 28 jul. 2014. Disponível em: <<http://www.conpam.ce.gov.br/index.php/sala-de-imprensa/noticias/44150-conpam-participa-de-gt-para-a-protecao-do-patrimonio-espeleologico-do-ceara>>. Acesso em: 10 ago. 2014.

CPRM. **Mapa geodiversidade do Brasil. Escala 1:2.500.000**. Legenda expandida. Brasília: Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2006. 68 p. CD-ROM.

CRUZ, Jocy Brandão; BENTO, Diego Medeiros; BEZERRA, Francisco Hilário R.; FREITAS, José Iatagan; CAMPOS, Uilson Paul; SANTOS, Darcy José dos. Diagnóstico Espeleológico do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Espeleologia (RBEsp)**, Brasília, 2010, v. 1, n. 1, p. 01-24, 2010. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/RBEsp/article/view/9>>. Acesso em: 15 jun. 2014.

DANTAS, M. A. T.; DONATO, C. R.; ALMEIDA, E. A. B.; BARRETO, E. A. S.; SILVA, E. J.; SOARES, R. S.; BARROS NETO, H. M. C. de; FERREIRA, A. S.; SOUZA, S. S.; SANTANA, M.E.V.; OLIVEIRA, D.M. Inventário Espeleológico de Sergipe: As cavernas de Laranjeiras *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 30., 2009. Montes Claros. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), 2009. p. 43-50.

DONATO, C. R. **Análise de impacto sobre as cavernas e seu entorno no Município de Laranjeiras, Sergipe**. 2011. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2011.

DREW, D. **Processos Interativos Homem-Meio Ambiente**. São Paulo: DIFEL, 1986.

FAPESP. Histórias de águas antigas. **Pesquisa FAPESP**, n. 157, p. 66-69, mar. 2009. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2009/03/carste.pdf>>. Acessado em 10 mar. 2014.

FARIA, Frederico Felipe de Almeida. Peter Lund (1801-1880) e o questionamento do Catastrofismo. *In*: Filosofia e História da Biologia, v.3, p. 139-156, 2008. Disponível em: <<http://www.abfhib.org/FHB/FHB-03/FHB-v03-08-Frederico-Felipe-Faria.pdf>>. Acessado em 10 mar. 2014.

FELIZARDO, A. J. A descontinuidade de trabalhos de pesquisa em cavernas durante a idade média na Europa Ocidental, e a sua relação com o blackout medieval causado pela inquisição. *In: RASTEIRO, M.A.; MORATO, L. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 32., 2013. Barreiras. Anais...* Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), 2013. p. 143-147. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais32cbe/32cbe_143-147.pdf>. Acesso em: 1 mar. 2014.

FERREIRA, C. F. Análise de impactos ambientais em terrenos cársticos e cavernas. *In: II Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental.* Brasília: Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), 2010.

FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P. Cavernas em risco de extinção. *In: Ciência Hoje*, v. 29, n. 173, p. 20-28, 2001.

_____. Biologia Subterrânea: conceitos gerais e aplicação na interpretação e análise de estudos de impacto ambiental. *In: II Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental.* Brasília: Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), 2010.

FIGUEIREDO, L. A. V. **Cavernas como paisagens racionais e simbólicas: imaginário coletivo, narrativas visuais e representações da paisagem e das práticas espeleológicas.** 2010. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

_____. O ser espeleólogo: geopoética e as representações de um discurso coletivo. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 31., 2011. Ponta Grossa. Anais...* Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), 2011. p. 365-378.

FRANK, H. T.; BUCHMANN, F. S.C.; LIMA, L. G.; CARON, F.; LOPES, R. P.; FORNARI, M. Interdisciplinaridade aplicada a paleotocas. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 31., 2011. Ponta Grossa. Anais...* Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), 2011. p. 01-09.

GAMBARINI, Adriano. **Cavernas no Brasil.** São Paulo: Metalivros, 2012.

GEEP-AÇUNGUI. **Conservando cavernas: quinze anos de espeleologia GEEP-Açungui.** Curitiba: Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná – Açungui (GEEP-Açungui), 2001.

GEP. **GEP Notícias - Boletim Informativo do Grupo de Estudos de Paleovertebrados,** Salvador, 02 jun. 2010. Vinculado ao Instituto de Geociências (IGEO) da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Disponível em: <http://www.twiki.ufba.br/twiki/pub/IGeo/NoticiaIGeo20100820175434/_GEP.pdf>. Acessado em: 5 mar. 2014.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUARESCHI, V.D.; NUMMER, A.V. Relevos Cársticos em rochas não calcárias: uma revisão de conceitos. *In*: FIGUEIREDO, L.C.; FIGUEIRÓ, A.S. (orgs.) **Geografia do Rio Grande do Sul: temas em debates**. Santa Maria: UFSM, 2010. P.183-194. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppggeo/files/ebook01/Art.10.pdf>>. Acesso em: 9 jul. 2014.

IBAMA. Portaria nº 887, de 15 de julho de 1990. Dispõe sobre o patrimônio espeleológico nacional e delimita a área de influência das cavidades naturais. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 jun. 1990.

IBGE. **Mapa político de Estado do Ceará, em escala original de 1:250.000**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010.

ICMBio. Portaria nº 78, de 3 de setembro de 2009. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 4 set. 2009. Seção 1, p. 235-236.

_____. Instrução Normativa nº 30, de 19 de setembro de 2012. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 set. 2012.

_____. Parque Nacional de Ubajara. **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio)**. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/parnaubajara/>>. Acessado em: 7 ago. 2014.

IEF. **Estudo Técnico para criação do Monumento Natural Estadual Várzea da Lapa**. Belo Horizonte: Instituto Estadual de Florestas (IEF), 2009.

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 (RB Esp)**, Brasília, 2012, v. 1, n.2. 2012. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/RB Esp/article/view/255>>. Acesso em: 15 jun. 2014.

JIMENEZ, Antonio Nuñez. *et al.* **Cuevas y carsos**. Havana: Editora Militar, 1984.

KARMANN, Ivo. **Cavernas e Geoespeleologia**. São Paulo: Instituto de Geociências da USP, 2002. Disponível em: <<http://www.igc.usp.br/index.php?id=170>>. Acesso em: 7 set. 2013.

LINO, Clayton F; ALLIEVI, João. **Cavernas Brasileiras**. São Paulo: Melhoramentos, 1980.

_____. **Cavernas: o fascinante Brasil subterrâneo**. 2. ed. São Paulo: Gaia, 1989.

LOBO, Heros A. S.; TRAVASSOS, Luiz E. P. **O ser humano e a paisagem cárstica/Humans and karst landscape**. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), 2012.

_____.; BOGGIANI, Paulo C. **Cavernas como patrimônio geológico**. Boletim Paranaense de Geociências, v. 70, p. 190-199, 2013.

LOPES, L.S.O.; ARAUJO, J. L. L. Princípios e estratégias de geoconservação. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 3, n. 7, p. 66-78, out. 2011. Disponível em: < <http://www.observatorium.ig.ufu.br/pdfs/3edicao/n7/5.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2014

LUNA FILHO, Pedro Ernesto. **Peter Wilhelm Lund: o auge de suas investigações científicas e a razão para o término das suas pesquisas**. 2007. Tese (Doutorado em História) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MARRA, Ricardo José Calembó. **Critérios de relevância para classificação de cavernas no Brasil**. 2008. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

MEDEIROS, R. C. S. Histórico e Contextualização Legal. *In: II Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental*. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), 2010.

MMA. Instrução Normativa nº 02, de 02 de agosto de 2009. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1 out. 2009 a.

_____. Portaria nº 358, de 30 de setembro de 2009. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1 out. 2009 b.

MONTEIRO, Felipe A. D. **Projeto de implantação de conhecimentos, práticas e legislação pertinentes à espeleologia na Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE**. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA*, 31., 2011. Ponta Grossa. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), 2011. p. 263-267.

_____. **Espeleologia e legislação – proteção, desafios e o estado do conhecimento**. *In: RASTEIRO, M.A.; MORATO, L. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA*, 32., 2013. Barreiras. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), 2013. p. 197-206. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais32cbe/32cbe_197-206.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2014.

_____. **Patrimônio espeleológico brasileiro: proteção, licenciamento ambiental e “destruição”**. *In: Congreso Iberoamericano de Estudios Territoriales y Ambientales (CIETA)*, 6., 2014. São Paulo. **Anais...** São Paulo: Universidade de São Paulo (USP), 2014. p. 1542-1560.

MOREIRA, Jasmine Cardozo. **Patrimônio Geológico em Unidades de Conservação: atividades interpretativas, educativas e geoturísticas**. 2008. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

MORIN, Edgar. **Introdução ao Pensamento Complexo**. 3. ed. Lisboa: Instituto Piaget, 2001.

NEVES, W. A.; PILÓ, L. B. O Povo de Luzia – em busca dos primeiros americanos. São Paulo, Editora Globo, 2008. Resenha de: TURATTI, M. C. M. **Cadernos de Campo**, São Paulo, n. 17, p. 1-348, 2008.

NEVES, W. A.; PILÓ, L. B. O Povo de Luzia – em busca dos primeiros americanos. São Paulo, Editora Globo, 2008. Resenha de: SILVA, H. P. **Amazônica**, p. 568-574. 2009.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de Ecologia**. Tradução da 5ª edição americana (2004). São Paulo: Thompson Learning ed., 2007.

OLIVEIRA-GALVAO, A.L.C. A.; FERREIRA, C. F.; ROSSATO, R. M.; REINO, J. C. R.; JANSEN, D. C.; VILELA, C. DO VAL. Breve descrição do patrimônio Espeleológico de São Desidério. **Revista Brasileira de Espeleologia** (RB Esp), Brasília, 2012, v. 1, n.2. p. 13-28, 2012. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/RB Esp/article/view/120>>. Acesso em: 15 jun. 2014.

_____. Base de Dados Geoespacializados do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - CECAV. **Revista Brasileira de Espeleologia** (RB Esp), Brasília, 2014, v. 1, n.4. Disponível em: <www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/RB Esp/article/view/423>. Acesso em: 15 jun. 2014.

PALMER, Arthur N. **Cave geology**. Dayton-USA, Editora Cave Books, 2006.

PILÓ, L. B.; AULER, A. Introdução à Espeleologia. *In: II Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental*. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), 2010.

REIS, F. A. G. V. **Curso de Geologia Ambiental Via Internet**. Rio Claro: IGCE-UNESP, 2001. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/index.html>>. Acesso em: 19 abr. 2014.

RODRIGUES, Roberto. CNC – Cadastro Nacional de Cavernas – Brasil (SBE – Sociedade Brasileira e Espeleologia). *In: Proceedings 13th International Congress of Speleology; 4th Speleological Congress of Latin America and the Caribbean; 26th Brazilian Congress of Speleology*, Brasília, UIS/FEALC/SBE, 2001.

SALLUN FILHO, W.; ALMEIDA, L.H.S.; TORRESI, B. F.; GOUVEIA, F. R. N.; PERSON, A. L. 2011 Caverna do Rio Fria (SP-40) revisitada 100 anos depois de Krone: história e geologia de uma caverna formada pelo crescimento de tufa. **Espeleo-Tema**, Campinas, Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), v. 22, n. 1, 2011. Disponível em: <http://www.sbe.com.br/espeleo-tema/espeleo-tema_v22_n1_007-023.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2014.

SANTANA, M.S.; SILVA, F.A.; BENTO, D.M.. Diagnóstico ambiental preliminar do patrimônio espeleológico do município de Paripiranga/BA. *In: RASTEIRO, M.A.; MORATO, L. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA*, 32., 2013. Barreiras. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), 2013. p. 367-379. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais32cbe/32cbe_367-379.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2014.

SBE. **Cadastro Nacional de Cavernas – CNC**. Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE). Disponível em: <<http://www.cavernas.org.br/cnc/Home/Index>>. Acesso em: 1 ago. 2014.

_____. CANIE desrespeita autoria e fonte de dados. **SBENotícias - Boletim Eletrônico da SBE**, ano 9, n. 289, 1 mar. 2014. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), 2014. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/sbenoticias/SBENoticias_289.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2014.

_____. **Parecer Geoespeleológico Referente ao EIA-RIMA Elaborado para o Projeto UHE Tijuco Alto**. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), 2007. Disponível em: <<http://www.sbe.com.br/diversos/Parecer%20Geoespeleol%F3gico%20EIA%20UHE%20Tijuco%20Alto.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2014.

SCALEANTE, José Antonio Basso; SCALEANTE, Oscarlina Aparecida Furquim. **Curso básico de espeleologia**. Campinas, Grupo Espeleológico de Campinas (GESCAMP), 2010.

SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL. Cavernas poluídas ameaçam abastecimento de água e vida selvagem. **Scientific American Brasil**. Duetto editorial, 8 jan. 2010. Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/cavernas_poluidas_ameacam_abastecimento_de_agua_e_vida_selvagem.html>. Acesso em: 30 mar. 2014.

SESSEGOLO, G. C.; ROCHA, L. F. S.; LIMA, F. F. **Conhecendo Cavernas: Região Metropolitana de Curitiba**. 1. ed. Curitiba: GEEP-Açungui, 2006.

SILVA, J.M.O. **Monumento Natural das Falésias de Beberibe/CE: diretrizes para o planejamento e gestão ambiental**. 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programas de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

SIMÕES, M. G.; RODRIGUES, S. C. Introdução à Paleontologia. **Livro Digital de Paleontologia: a paleontologia na sala de aula**. UFRGS, 2009. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/paleodigital/Introducao.html>>. Acesso em: 5 mar.2014

SOUZA, Adriano Andrade de. **Tutela do patrimônio ambiental espeleológico no direito material brasileiro**. 2012. Dissertação (Mestrado em Direito) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2012.

TERRA. Arte rupestre de caverna francesa é a mais antiga descoberta. **Terra**, 08 maio 2012. Disponível em: <<http://noticias.terra.com.br/ciencia/pesquisa/arte-rupestre-de-caverna-francesa-e-a-mais-antiga-descoberta,3a8a00beca2da310VgnCLD200000bbcecb0aRCRD.html>>. Acesso em: 4 mar. 2014.

TRAJANO, E.; BICHUETTE, M.E. **Biologia subterrânea: introdução**. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2006.

_____.; ANDRADE, R. Biologia Subterrânea. *In*: AULER, Augusto; ZOGBI, Leda. **Espeleologia: noções básicas**. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2005.

UOL. WikiLeaks revela os movimentos de Bin Laden depois do 11/9. **UOL**, 25 abril 2011. Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/afp/2011/04/25/wikileaks-revela-os-movimentos-de-bin-laden-depois-do-119.jhtm>>. Acesso em: 2 fev. 2014.

USA. **National Park Service - Mammoth Cave National Park**. United States of America (USA). Disponível em: <www.nps.gov/macn/index.htm>. Acesso em: 30 ago. 2014.

VEJA. Há 50 anos, crise dos Mísseis em Cuba quase detonou uma guerra nuclear. **VEJA**, 06 outubro 2012. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/internacional/o-mundo-quase-acabou>>. Acesso em 3 fev. 2014.

XIMENES, C. L. **Breve panorama sobre o patrimônio espeleológico do Estado do Ceará**. Fortaleza: Instituto Cearense de Ciências Naturais – ICCN, mai. 1998.

_____. Atividades Espeleológicas no Ceará: um balanço de 5 anos. **InformAtivo SBE - Sociedade Brasileira de Espeleologia**, n. 80, p.21, mar./abr. 2002.

_____. Atividades do Grupo de Espeleologia do Ceará em 2002. **InformAtivo SBE - Sociedade Brasileira de Espeleologia**, n. 84, p.16-17, jan./mar. 2003.

_____. Tejuçuoca: uma nova área espeleoturística no nordeste do Brasil. **InformAtivo SBE - Sociedade Brasileira de Espeleologia**, n. 90, p.22-23, jan./abr. 2005.