

January 2010

Espeleo-TEMA, Volume 21, No. 1, 2010

Heros Augusto Santos Lobo

Follow this and additional works at: https://digitalcommons.usf.edu/kip_articles

Recommended Citation

Santos Lobo, Heros Augusto, "Espeleo-TEMA, Volume 21, No. 1, 2010" (2010). *KIP Articles*. 1702.
https://digitalcommons.usf.edu/kip_articles/1702

This Article is brought to you for free and open access by the KIP Research Publications at Digital Commons @ University of South Florida. It has been accepted for inclusion in KIP Articles by an authorized administrator of Digital Commons @ University of South Florida. For more information, please contact digitalcommons@usf.edu.



ESPELEO-TEMA

REVISTA BRASILEIRA DEDICADA AO ESTUDO DE CAVERNAS E CARSTE

ISSN 0102-4701 (impresso)
ISSN 2177-1227 (on-line)

Volume 21 Número 1
Ano 2010



Opilião troglóbio (*Gonyleptidae: Pachylinae*), Caverna Santana (SP) Foto: Flávia Pellegatti-Franco

Artigos Originais

Mudanças recentes na circulação subterrânea do rio Quebra-Pedra (furna do Buraco do Padre, Ponta Grossa, Paraná)
Henrique Simão Pontes, Heder Leandro Rocha, Laís Luana Massuqueto, Mário Sérgio de Melo, Gilson Burigo Guimarães & Mario Cezar Lopes

Expedição Jurassic Cave 2009 Akakor Geographical Exploring
Soraya Ayub & Franco Gherlizza

Inventário das paisagens cársticas do município de Paripiranga, Bahia, Brasil
Matusalém Silva Santana, Fernando Andrade Silva & Carlos Eduardo Silva

Relatos de Experiências

Mendoza: un programa provincial que busca superar los problemas estructurales de toda la espeleología argentina
Carlos Benedetto

Opinião

Legislação para a proteção do patrimônio espeleológico brasileiro: mudanças, conflitos e o papel da Sociedade Civil
Luiz Afonso Vaz de Figueiredo, Marcelo Augusto Rasteiro & Pavel Carrijo Rodrigues

Instrução Normativa MMA 2/09 - método de classificação do grau relevância de cavernas aplicado ao licenciamento ambiental: uma prática possível?
Mylène Berbert-Born

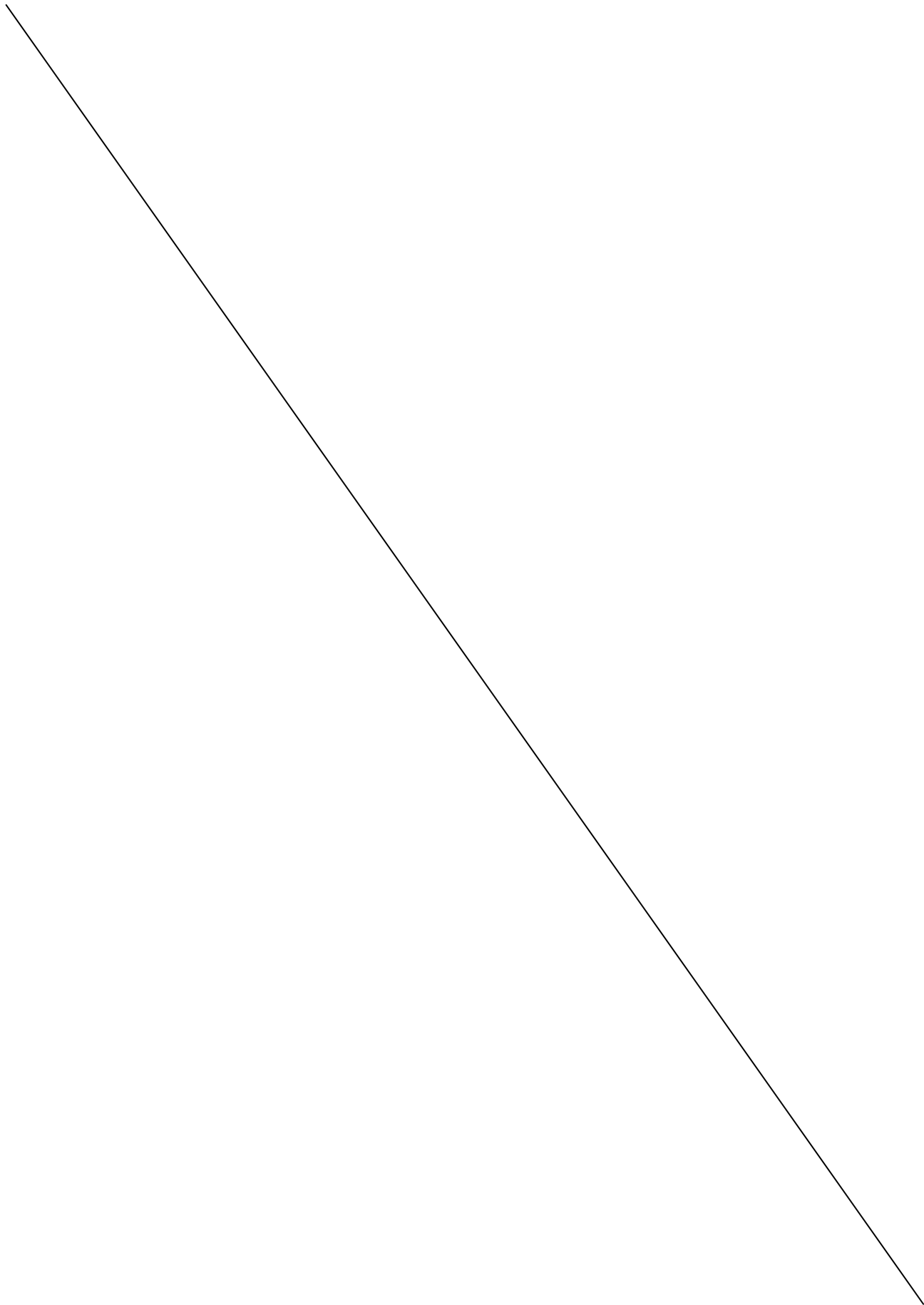
Relevância de cavernas: porque estudos ambientais espeleobiológicos não funcionam
Eleonora Trajano & Maria Elina Bichuette

Resumos de Teses e Dissertações

A importância cultural do carste e das cavernas
Luiz Eduardo Panisset Travassos

Sociedade Brasileira de Espeleologia

www.sbe.com.br/espeleo-tema.asp



EXPEDIENTE



Sociedade Brasileira de Espeleologia
(*Brazilian Society of Speleology*)

Endereço (Address)

Caixa Postal 7031 – Parque Taquaral
CEP: 13076-970 – Campinas SP – Brasil

Contatos (Contacts)

+55 (19) 3296-5421
espeleo-tema@sbe.com.br

Gestão 2009-2011 (Management 2009-2011)

Diretoria (Direction)

Presidente: Luiz Afonso Vaz de Figueiredo
Vice-presidente: Ronaldo Lucrécio Sarmento
Tesoureira: Delci Kimie Ishida
1º Secretário: Luiz Eduardo Panisset Travassos
2º Secretário: Pável Ênio Carrijo Rodrigues

Conselho Deliberativo (Deliberative council)

Rogério Henry B. Magalhães - **Presidente**
Heros Augusto Santos Lobo
Carlos Leonardo B Giunco
Angelo Spoladore
Thiago Faleiros Santos

Suplentes:

Paulo Rodrigo Simões
Emerson Gomes Pedro

ESPELEO-TEMA

Editor Chefe (*Chief Editor*)

MSc. Heros Augusto Santos Lobo
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – IGCE/UNESP

Editor Assistente (*Assistant Editor*)

Esp. Marcelo Augusto Rasteiro
Sociedade Brasileira de Espeleologia – SBE

Conselho Editorial (*Editorial Board*)

Dr. William Sallun Filho
Instituto Geológico do Estado de São Paulo – IG/SMA-SP

Dra. Maria Elina Bichuette
Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR

Dr. Luiz Eduardo Panisset Travassos
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC/Minas

Editores Associados (*Associate Editors*)

Antropologia

MSc. Elvis Pereira Barbosa (UESC)

Arqueologia

Dr. Walter Fagundes Morales (UESC)

Carste em Litologias Não-Carbonáticas

MSc. Rubens Hardt (UNESP)

Climatologia

Dr. Emerson Galvani (USP)

Ecologia

Dr. Rodrigo Lopes Ferreira (UFLA)

Educação Ambiental

MSc. Luiz Afonso Vaz de Figueiredo (CUFSA)

Espaço e Território

Dr. Eduardo Pazera Júnior (GEP)

Espeleobiologia

Dra. Maria Elina Bichuette (UFSCAR)

Espeleogeologia

Dr. William Sallun Filho (IG/SMA-SP)

Geodiversidade e Geoconservação

Dr. Paulo César Boggiani (USP)

Geomorfologia

Dr. William Sallun Filho (IG/SMA-SP)

Hidrogeologia

Dr. Murilo Andrade Valle (CUFSA)

Geoprocessamento e SIGs

Dr. Carlos Henrique Grohmann (USP)

História da Espeleologia

Dr. Luiz Eduardo Panisset Travassos (PUC-MG)

Legislação Ambiental

Dr. Marcos Paulo de Souza Miranda (MPE-MG)

Manejo Ambiental

MSc. Heros Augusto Santos Lobo (UNESP)

Mapeamento e Prospecção de Cavernas

Fábio Kok Geribello (UPE)

Micologia

Dr. Eduardo Bagagli (UNESP)

Mineração

Dr. Hélio Shimada (IG/SMA-SP)

Patogenias e Vetores

Dra. Eunice Bianchi Galatti (FSP/USP)

Percepção e Interpretação Ambiental

Dr. Jadson Rebelo Porto (UNIFAP)

Religião e Religiosidade

Dr. Luiz Eduardo Panisset Travassos (PUC-MG)

Outros temas: *Paleontologia; Paleoclimatologia; (Editores em processo de convite/seleção).*

Quadro de Revisores (*Board of Reviewers*)

Dr. Abel Perez Gonzalez (UFRJ)
Dr. Antonio Liccardo (UEPG)
MSc. Cláudio M. Teixeira-Silva (UFOP)
Dr. Fernando Morais (UFT)
MSc. Gabriela Slavec (UPE)
Dr. Gilson Burigo Guimarães (UEPG)
Dr. Gustavo Armani (IG/SMA-SP)

Dr. Luis Anelli (USP)
Dr. Marconi Souza Silva (UNILAVRAS)
Dr. Mário Sérgio de Melo (UEPG)
MSc. Maurício de A. Marinho (FF/SMA)
Dr. Ricardo Fraga Pereira (Consultor ambiental)
Dr. Valter Gama de Avelar (UNIFAP)

Apoio à Tradução (*Translation support*)

Dra. Linda Gentry El-Dash (UNICAMP)

SUMÁRIO

(CONTENTS)

Editorial	4
ARTIGOS ORIGINAIS	
Carste em litologias não-carbonáticas:	
Mudanças recentes na circulação subterrânea do rio Quebra-Pedra (furna do Buraco do Padre, Ponta Grossa, Paraná)	
<i>Recent changes in the groundwater flow of the Quebra-Pedra river ("furna" of the Buraco do Padre, Ponta Grossa, Paraná state)</i>	
Henrique Simão Pontes, Heder Leandro Rocha, Laís Luana Massuqueto, Mário Sérgio de Melo, Gilson Burigo Guimarães & Mario Cezar Lopes	7
Prospecção e mapeamento:	
Expedição Jurassic Cave 2009 Akakor Geographical Exploring	
<i>Expedición Jurassic Cave 2009 Akakor Geographical Exploring</i>	
Soraya Ayub & Franco Gherlizza	17
Prospecção e mapeamento:	
Inventário das paisagens cársticas do município de Paripiranga, Bahia, Brasil	
<i>Karstic landscapes inventory of the city of Paripiranga, Bahia, Brazil</i>	
Matusalém Silva Santana, Fernando Andrade Silva & Carlos Eduardo Silva	29
RELATOS DE EXPERIÊNCIAS	
Mendoza: un programa provincial que busca superar los problemas estructurales de toda la espeleología argentina	
<i>Mendoza: a provincial program attempting to overcome structural problems of all of argentinean speleology</i>	
Carlos Benedetto	43
OPINIÃO	
Legislação para a proteção do patrimônio espeleológico brasileiro: mudanças, conflitos e o papel da Sociedade Civil	
<i>Legislation for the protection of brazilian speleological heritage: changes, conflicts and the role of Civil Society</i>	
Luiz Afonso Vaz de Figueiredo, Marcelo Augusto Rasteiro & Pavel Carrijo Rodrigues	49
Instrução Normativa MMA 2/09 - método de classificação do grau relevância de cavernas aplicado ao licenciamento ambiental: uma prática possível?	
<i>Feasibility of brazilian normative act "MMA 2/09" for classification of degree of relevance of caves in the context of environmental licensing</i>	
Mylène Berbert-Born	67
Relevância de cavernas: porque estudos ambientais espeleobiológicos não funcionam	
<i>Relevance of caves: why environmental studies have been inadequate</i>	
Eleonora Trajano & Maria Elina Bichuette	105
RESUMOS DE TESES E DISSERTAÇÕES	
A importância cultural do carste e das cavernas	
<i>The cultural importance of karst and caves</i>	
Luiz Eduardo Panisset Travassos	113

EDITORIAL

Vale a pena esperar?

Na sociedade ocidental moderna, a ideia de esperar se tornou algo pernicioso. A ordem do dia é que os fatos e ações sejam feitos sempre “para ontem”... Um sinal claro de nossa submissão ao modelo vigente de pensar o mundo, onde “tempo é dinheiro” e a cada dia são criados ferramentas e métodos de gestão para acelerar o mundo e tornar tudo muito rápido.

Mal nos damos conta, em nosso cotidiano, do quão fugaz é a nossa existência, de que correndo não vamos acrescentar nem um segundo a mais em nossas vidas, e de que a escala do tempo se altera em frações imperceptíveis à nossa capacidade, apesar de tanta correria.

Mesmo assim, para o presente número do *Espeleo-Tema*, tomei a liberdade de ir contra a tendência da velocidade dos fatos, optando por esperar. Fiz isso me lembrando que as cavernas “esperaram” milhões de anos para nos receber em seu interior pela primeira vez. E desde que, nós, seres humanos, começamos a entrar nelas, geramos muitas vezes problemas que ainda desconhecemos por completo, ou mesmo arbitrando sobre sua importância e determinando seu destino.

Mas a espera valeu a pena, quer pela variedade, quer pelas temáticas e abordagens adotadas para os artigos deste número.

A seção de artigos originais nos traz boas surpresas neste número. No primeiro deles, no eixo temático *Carste em Litologias Não-Carbonáticas*, Henrique Simão Pontes, Heder Leandro Rocha, Laís Luana Massuqueto, Mário Sérgio de Melo, Gilson Burigo Guimarães e Mario Cezar Lopes – professores e alunos da UEPG, que sediará o próximo *Congresso Brasileiro de Espeleologia* – apresentam um estudo sobre alterações recentes no curso do rio Quebra-Pedra, em Ponta Grossa-PR. O tema, que já havia sido noticiado na edição 166 do *SBE Notícias*, agora é tratado com mais profundidade, relatando mudanças na dinâmica hidrogeológica local e suas consequências em superfície e para uma das cavernas da região. O eixo temático *Prospecção e Mapeamento* apresenta dois trabalhos, deste tipo de atividade que é a base da espeleologia. No primeiro deles, Soraya Ayub e Franco Gherlizza, da *Akakor Geographical Exploring* (SBE G116), apresentam os resultados de sua expedição *Jurassic Cave*, realizada na Bolívia em 2009. O artigo reúne descrições e fotos das atividades realizadas em 21 dias de trabalho, com a descoberta de vinte novas cavernas. No segundo trabalho, Matusalém Silva Santana, Fernando Andrade Silva e Carlos Eduardo Silva, do Instituto Socioambiental Árvore, expõem um inventário das paisagens cársticas do município de Paripiranga, na Bahia. Os autores elencam 13 cavidades naturais, expondo um potencial ainda pouco conhecido da comunidade espeleológica nacional.

A seção *Relatos de Experiências* estreia neste número, com o artigo do argentino Carlos Benedetto, que reporta o lançamento de um programa provincial de espeleologia, com o intuito de conferir à espeleologia argentina “um sentido social com embasamento científico e sustentável”.

Outra estreia deste número é a seção *Opinião*, com três artigos abordando, sob diferentes enfoques, as recentes mudanças nas políticas públicas brasileiras sobre o patrimônio espeleológico.

No primeiro deles, Luiz Afonso Vaz de Figueiredo, Marcelo Augusto Rasteiro e Pavel Carrijo Rodrigues, apresentam um histórico que culmina no Decreto 6640/2008 bem como a reação da sociedade civil e da comunidade espeleológica – que a olhos vistos, se fortaleceu de forma sem precedentes na história da espeleologia brasileira, a partir de ações contra o Decreto. Em seguida, a geóloga Mylène Berbert-Born apresenta profunda análise técnica da *Instrução Normativa MMA n° 2/2009*, demonstrando que na maioria dos casos práticos será impossível aplicá-la, tendo em vista inconsistências técnicas e científicas significativas. A seção se encerra com o artigo das professoras Eleonora Trajano e Maria Elina Bichuette, que fazem uma análise

detalhada do mesmo diploma público, sob o viés das biociências, esclarecendo sobre a impossibilidade de funcionamento dos estudos espeleobiológicos em análises de relevância de cavernas, da forma como proposto. Cabe ressaltar que foi este artigo o motivador da estreia desta seção, a qual, ao que se espera, seja mantida nas próximas edições como espaço aberto para a “voz” da espeleologia brasileira.

Este número se encerra com o resumo da tese de doutorado de um de nossos Editores, Luiz Eduardo Panisset Travassos, defendida recentemente na PUC-MG. Dividimos com o colega a alegria por mais esta etapa, que além de coroar seus esforços, fortalece o *Espeleo-Tema* e a espeleologia nacional.

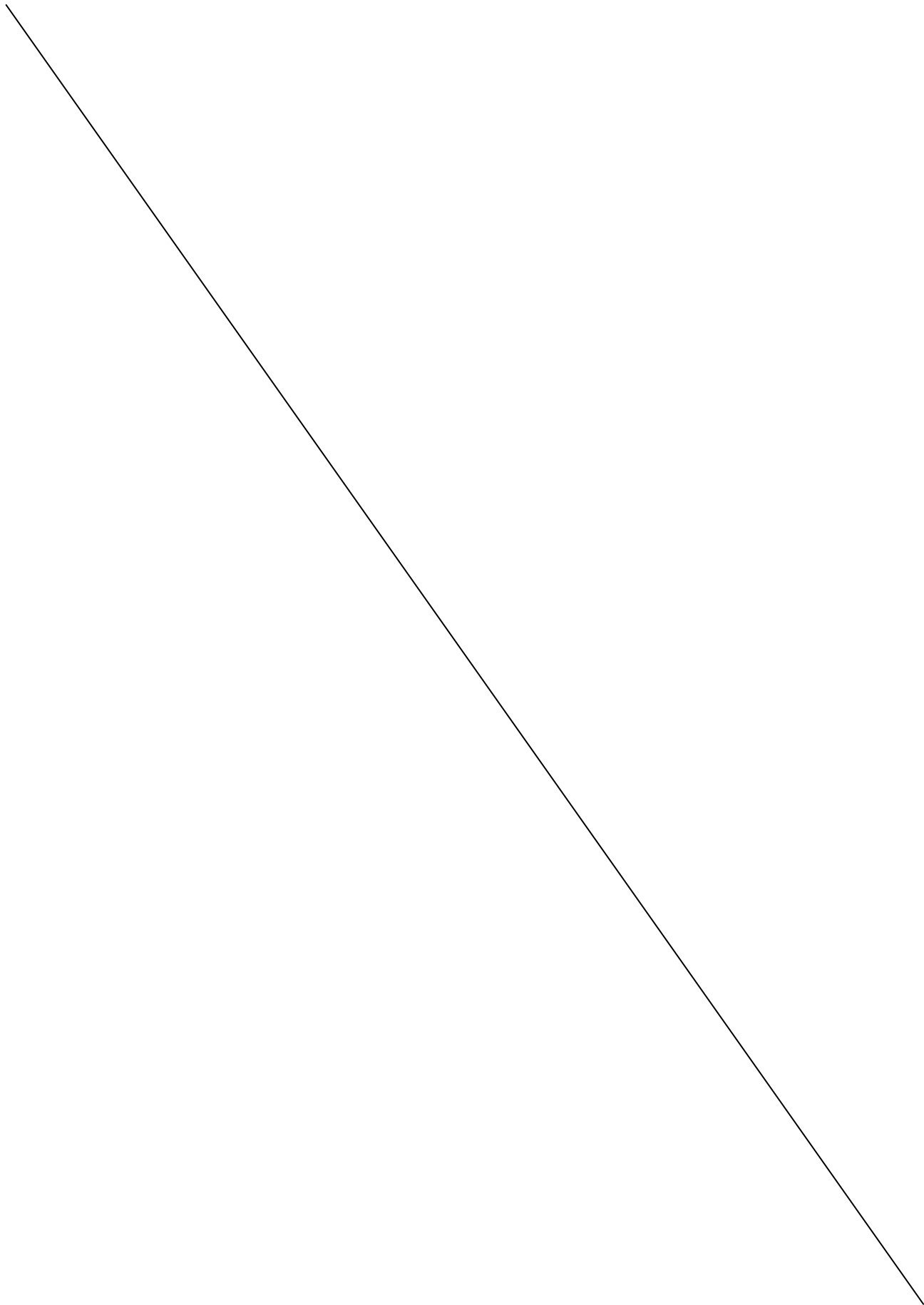
Desejamos a todos uma excelente leitura, e esperamos que a comunidade espeleológica assuma, cada vez mais, o *Espeleo-Tema* como seu canal de divulgação e comunicação científica.

Heros Augusto Santos Lobo
Editor-Chefe



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.sbe.com.br/espeleo-tema.asp



MUDANÇAS RECENTES NA CIRCULAÇÃO SUBTERRÂNEA DO RIO QUEBRA-PEDRA (FURNA DO BURACO DO PADRE, PONTA GROSSA, PARANÁ)

RECENT CHANGES IN THE GROUNDWATER FLOW OF THE QUEBRA-PEDRA RIVER ("FURNA" OF THE BURACO DO PADRE, PONTA GROSSA, PARANÁ STATE)

Henrique Simão Pontes^{1, II}, Heder Leandro Rocha^{1, II}, Laís Luana Massuqueto^{1, II}, Mário Sérgio de Melo^I, Gilson Burigo Guimarães^I & Mario Cezar Lopes^{1, II}

(I) Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, Ponta Grossa-PR.

(II) Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas – GUPE (SBE G026), Ponta Grossa-PR.

Contatos: henrique071289@yahoo.com.br; heder_uepg@yahoo.com.br; lais500@yahoo.com.br; mismo@br10.com.br; gburigo@ig.com.br; mclopesgeo@gmail.com.

Resumo

O Buraco do Padre, situado a aproximadamente 24 km a leste-sudeste do centro da cidade de Ponta Grossa (PR), é um sistema de furnas (dolinas), túneis, fendas, sumidouros e ressurgências por onde corre o Rio Quebra-Pedra, notável por seu elevado valor turístico, ecológico, didático e científico. Localiza-se no cruzamento de falhas nas direções NW-SE e NE-SW, relacionadas ao Arco de Ponta Grossa. As rochas do geossítio são arenitos da Formação Furnas (Siluriano/Devoniano da Bacia do Paraná) que sofrem arenização pela dissolução do cimento caulínico, resultando na liberação dos grãos de areia. Em meados de dezembro de 2007, a erosão causada pelo Rio Quebra-Pedra resultou no surgimento de um novo sumidouro, localizado no final da trilha de acesso a este monumento geológico, 52 metros a jusante da cachoeira que precipita no interior da fuma principal. Desde então, tal fato está modificando a dinâmica do local, alterando por isso o curso e o gradiente do rio dentro da caverna. O conjunto de transformações representa uma oportunidade única de acompanhamento da evolução de um terreno cárstico em rochas quartzosas.

Palavras-Chave: Sumidouro; Buraco do Padre; arenitos; Formação Furnas; carste em rochas quartzosas.

Abstract

The Buraco do Padre Geosite, located approximately 24 km east-southeast from the center of Ponta Grossa (PR) is a system of sinkholes (dolines – "furnas"), tunnels, fissures, drainage sinks and resurgences through which flows the Quebra-Pedra River, notable for their high touristic, environmental, educational and scientific values. It is located at the intersection of NW-SE and NE-SW faults, related to the Ponta Grossa Arch. The geosite rocks are sandstones of the Furnas Formation (Silurian / Devonian of the Paraná Basin) suffering "arenisation" by kaolinitic cement dissolution, resulting in the release of the sand grains. In mid-December 2007, the erosion by the Quebra-Pedra River resulted in the emergence of a new drainage sink, located at the end of the trail leading to this geological monument, 52 meters downstream of the waterfall that plunges inside the main fuma. Since then, the local dynamic is modifying, so changing the course and the gradient of the river inside the cave. The set of transformations represents a unique opportunity to monitor the evolution of a karst terrain in quartz rocks.

Keywords: Drainage sinks; "Buraco do Padre" Geosite; Sandstones; Furnas Formation; karst in quartz rocks.

Eixo temático: Carste em litologias não-carbonáticas
Recebido em: 30. jun.2010

Aprovado em: 16.ago.2010

Introdução

O Buraco do Padre é uma bela fuma localizada em um cruzamento de falhas (NE-SW e NW-SE), situando-se a 24 km leste-sudeste do centro da cidade de Ponta Grossa, Estado do Paraná. Composto por um conjunto de fendas, falhas, furnas, cavernas, ressurgências e sumidouros, esse local ostenta grande beleza cênica, sendo um importante ponto turístico da cidade (figura1).

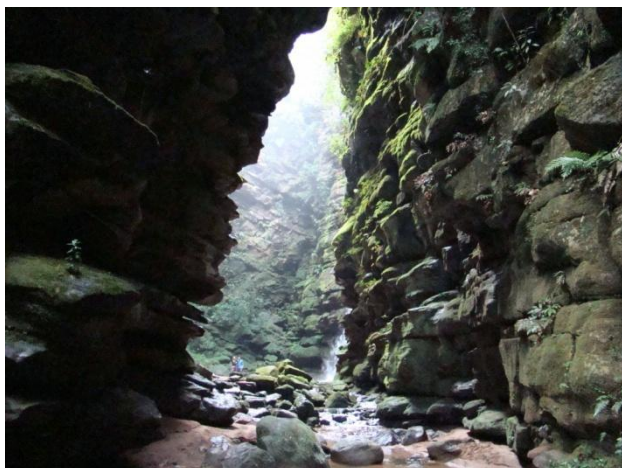


Figura 1 – Caverna de acesso à fuma do Buraco do Padre, localizada em falha de direção NE-SW.

Notar a rotação de aproximadamente 30° do bloco ao norte da falha, no lado esquerdo da foto. A bela exposição dos arenitos da Formação Furnas e a cachoeira do Rio Quebra-Pedra atraem visitantes de várias regiões do país.

Desde dezembro de 2007, o Buraco do Padre tem experimentado um destacado conjunto de modificações. Tais transformações devem-se ao aparecimento de um sumidouro no início da caverna de acesso à fuma principal. As mudanças são notadas a cada visita ao local e ocorrem rapidamente. Após dias de elevado índice pluviométrico, a vazão do Rio Quebra-Pedra aumenta e, consecutivamente, ocasiona forte erosão em seu leito no interior da caverna, alterando seu gradiente hidráulico. Quando não chove, bancos de sedimentos acumulam-se próximos ao sumidouro e o rio segue somente o curso superficial, abandonando o curso subterrâneo.

Estruturas como fendas, falhas e cavernas controlam o relevo e o curso do Rio Quebra-Pedra na área, que a julgar por algumas feições identificadas neste estudo, teve o percurso subterrâneo que se inicia no sumidouro ativo no passado.

A observação da evolução da paisagem do Buraco do Padre é uma oportunidade única, visto que é possível estudar esse acontecimento em sua origem e em algumas etapas de seu desenvolvimento. Uma vez que os processos geomorfológicos costumam demorar milhares/milhões de anos para ocorrer, numa escala de tempo distinta da que normalmente o ser humano está familiarizado, a expectativa é de que a dinâmica de transformações no Buraco do Padre continue operante e a situação no local sofra novas modificações.

Esse estudo não serve somente para a compreensão da geologia, geomorfologia e hidrologia do local, mas também como alerta sobre os problemas ambientais que o afetam diretamente. Atesta ainda a fragilidade do geossítio e incentiva sua proteção. O trabalho busca fornecer subsídios científicos que sustentem a importância de conservar este Patrimônio Natural, considerado único por muitos pesquisadores.

Objetivos

O objetivo deste trabalho é estudar as mudanças recentes no curso do Rio Quebra-Pedra na fuma do Buraco do Padre, discutindo a gênese do novo sumidouro, bem como efetuar o mapeamento do local com destaque para as feições geológicas, hidrológicas e geomorfológicas, deste modo buscando-se compreender a dinâmica da paisagem.

Materiais e Métodos

Foram efetuados muitos trabalhos de campo para levantamento de dados como cotas do terreno, dimensões (rio, fendas, escarpamentos, sumidouro/ressurgência, caverna), padrão/direção de circulação da água, caracterização de feições erosivas.

Durante as saídas de campo, realizou-se a prospecção nas cavidades existentes para reconhecimento do novo trajeto que o Rio Quebra-Pedra passou a percorrer, assim como buscou-se avaliar quais foram os fatores que condicionaram o surgimento do novo sumidouro.

A dinâmica do Rio Quebra-Pedra e as feições resultantes no local foram estudadas durante as visitas que ocorreram mensalmente,

entre dezembro de 2007 e setembro de 2008. Foi criado um acervo fotográfico, em processo contínuo de atualização, para registrar todo o processo que envolve a dinâmica e a evolução da paisagem.

Para executar o mapeamento da área foi utilizado como referência o mapa da Furna do Buraco do Padre disponível em Melo et. al., 2005. Os procedimentos de mapeamento tomaram por base as técnicas apresentadas por Dematteis (1975). A digitalização dos dados topográficos foi realizada através do programa *OCAD-8-PRO*. As medidas de direção e dimensões foram obtidas utilizando uma bússola geológica Brunton, corda sisal com aproximadamente 40 metros e trena de 20 metros.

A consulta a material bibliográfico geral (por ex., carste em rochas quartzosas) e específico (por ex., sobre feições cársticas nos Campos Gerais do Paraná) aconteceu durante todo o trabalho e proporcionou melhor entendimento das variáveis envolvidas, contribuindo para o desenvolvimento da pesquisa.

Resultados e Discussões

O Buraco do Padre é um sistema de furnas (poços de desabamento), túneis, fendas, sumidouros e ressurgências localizado no cruzamento de falhas orientadas nas direções NW-SE e NE-SW, relacionadas com o arqueamento crustal denominado Arco de Ponta Grossa e situado na borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná (figura 2).

Aproximadamente 50 m antes da entrada da furna principal, o Rio Quebra-Pedra adentra em uma pequena furna que possui cerca de 5 m de profundidade. Após seguir por um túnel de cerca de 40 m de extensão, controlado por fraturas com direção NW-SE, o rio precipita em uma cachoeira de 25 metros de altura no interior da furna principal (a qual possui cerca de 40 m de profundidade), formando um pequeno balneário em sua base. Posteriormente, através de uma caverna escavada ao longo de falha de direção NE-SW com cerca de 30 m de extensão e 25 de altura, o rio sai da furna, e segue seu curso até desaguar no Rio Quebra-Perna cerca de 2 km a jusante.

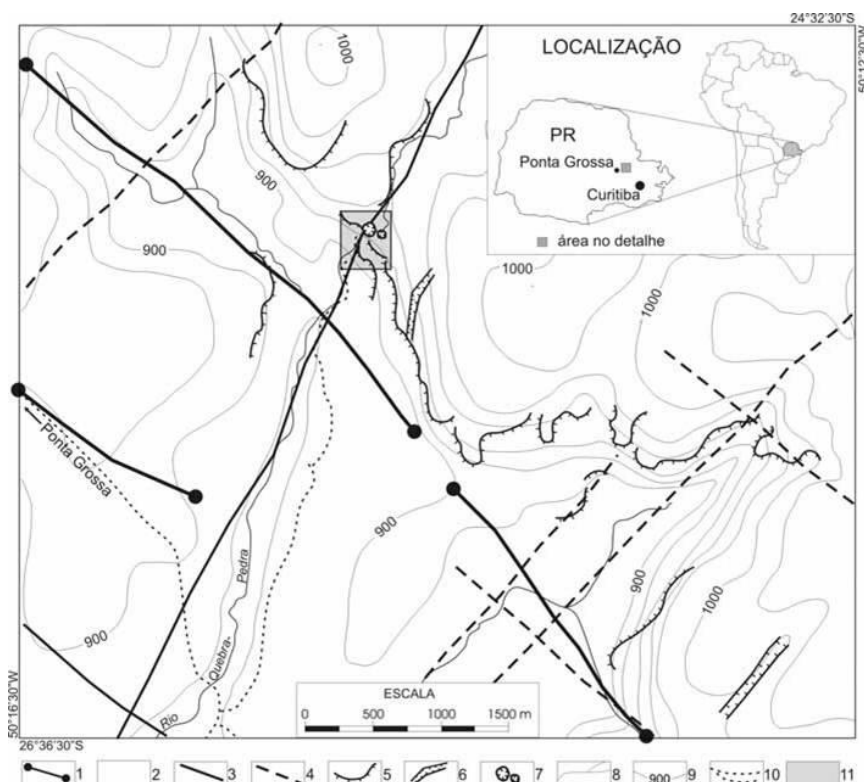


Figura 2 - Mapa de localização e geologia da Furna do Buraco do Padre. 1: diques de diabásio; 2: Formação Furnas; 3: falhas; 4: lineamentos estruturais; 5: escarpas; 6: fendas; 7: furnas; 8: cursos d'água; 9: curvas de nível; 10: estradas e trilhas; 11: área da Figura 5.

Base topográfica: folha Itaiacoca 1:50.000, Divisão do Serviço Geográfico do Exército, 1959.

Base geológica: Trein et al., 1967. Disponível em Melo, et.al, 2005.

Em meados de dezembro de 2007, o Rio Quebra-Pedra teve seu curso alterado. A 52 metros a jusante da cachoeira do interior da furna principal, o rio passou a fluir através de um sumidouro, voltando a aparecer em uma caverna controlada por estrutura de direção E-W (figura 3). Após a ressurgência, o rio desenhou um novo percurso de 72 metros entre a mata, até atingir seu trajeto original. Este desvio fez com que um trecho de 60 metros do curso anterior ficasse inativo, exceto em dias de intensas chuvas.



Figura 3: A direita sumidouro do Rio Quebra-Pedra (indicado pela seta), ao lado de seu leito original.

Nas circunstâncias acima mencionadas, a vazão hídrica aumenta e o sumidouro não comporta o volume de água, fazendo com que o rio siga os dois percursos, o subterrâneo e o superficial (original). Ao adentrar no sumidouro, o Rio Quebra-Pedra segue em uma galeria desconhecida (sem possibilidade de acesso), precipita numa queda de aproximadamente 2 metros em uma caverna que faz parte de uma fenda de direção NW-SE, para, em seguida, alcançar a caverna controlada na direção E-W, marcando então, o trecho final da circulação subterrânea (figura 4).

Essas feições erosivas são típicas dos arenitos da Formação Furnas (Siluriano/Devoniano da Bacia Sedimentar do Paraná), representados por arenitos médios a grossos, quartzosos e com cimento caulinítico, material este que reduz sua porosidade e torna a rocha mais resistente (Melo & Giannini, 2007). A operação dos mecanismos erosivos ocorre através da remoção do cimento caulinítico (dissolução da caulinita), desencadeando a arenização do arenito (ver discussão sobre

“arenização” em Martini 1979, Jennings 1983, Wray 2009, dentre outros). Embora muito lentos, estes processos podem dar forma a características genuinamente cársticas. Alguns autores, como Bigarella (1994) (in Melo & Giannini, 2007), advogam o uso do termo pseudocarste para as feições da Formação Furnas. Segundo Soares (1989, p. 22), “as cavernas e outras formas cársticas podem ocorrer em rochas não solúveis, como os arenitos, quartzitos, micaxistos e até mesmo basaltos”. A origem dessa erosão em profundidade está sempre relacionada a diaclasamentos e circulação subterrânea das águas, propiciando grande remoção de material rochoso.

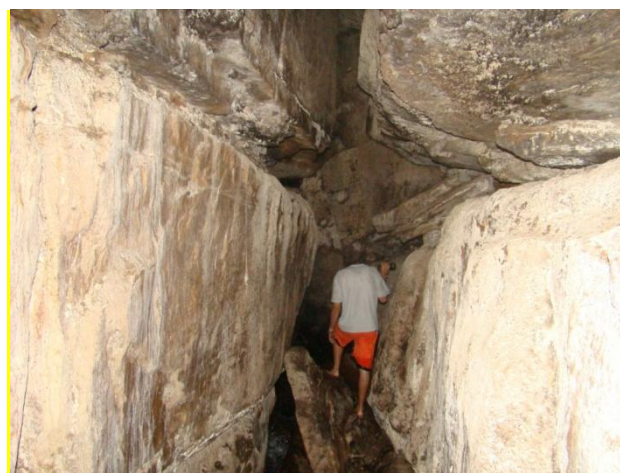


Figura 4: Caverna de direção E-W, marco final da circulação subterrânea do Rio Quebra-Pedra (ressurgência)

Características físicas intrínsecas e impostas aos arenitos da Formação Furnas, como a alta permeabilidade e os fraturamentos, incrementam a penetração das águas superficiais para o subsolo. Sendo assim, muitos rios e riachos nos Campos Gerais possuem parte de seu curso subterrâneo, conforme acontece com os rios Itararé, Funil e Quebra-Perna. O Rio Quebra-Pedra, foco do presente estudo, é afluente da margem direita do Rio Quebra-Perna, que a aproximadamente 5 km de distância do Buraco do Padre e em consequência de um adensamento no conjunto de fraturas no Arenito Furnas, tem seu curso normal interrompido, passando a correr subterraneamente. Esse local, de altíssimo interesse espeleológico (trabalho em preparação), apresenta-se relativamente bem preservado, possuindo adicionalmente elevada relevância cultural (presença de sítios

arqueológicos) e ecológica (refúgio da fauna silvestre).

A dissolução do cimento caulinitico, que libera os grãos de quartzo, e sua subsequente remoção pela erosão mecânica são fatores que contribuem na formação das feições erosivas subterrâneas, como o sumidouro no Buraco do Padre. Segundo Queixo e Moinho (1991) e Ganor e Lasaga (2005) (in Melo e Gianinni, 2007) a dissolução deste cimento aumenta com a presença de ácidos orgânicos, principalmente ácido oxálico ($H_2C_2O_4$), provenientes de atividade microbiana e/ou decomposição de matéria orgânica. A presença de espeleotemas cuja composição é dada predominantemente por sílica, sugere que a dissolução de quartzo e espécies químicas similares seja um processo também operante.

Ressalte-se ainda a influência de estruturas rúpteis (falhas, fraturas, fendas) onde o rio encaixa-se após adentrar no sumidouro, tornando-se então uma drenagem criptorreica. A localização do Buraco do Padre próximo à Escarpa Devoniana, com grandes desníveis topográficos, propicia fortes gradientes hidráulicos, auxiliando na infiltração e na mobilidade da água dentro das rochas, sendo responsável pela formação das furnas, dos rios subterrâneos em túneis e pela abertura de fendas (Melo et. al., 2005).

Conforme relatam Souza e Souza (2004), a cumeeira da Escarpa Devoniana apresenta uma disposição irregular devido a recortes decorrentes de falhas e fraturas originando canyons e anfiteatros. A origem desta escarpa está relacionada ao recuo erosivo dos arenitos da Formação Furnas, o qual está vinculado ao processo de soerguimento crustal regional conhecido como Arco de Ponta Grossa. Assim a área de estudo localiza-se no Segundo Planalto Paranaense, próxima da borda deste escarpamento que marca a transição para o Primeiro Planalto.

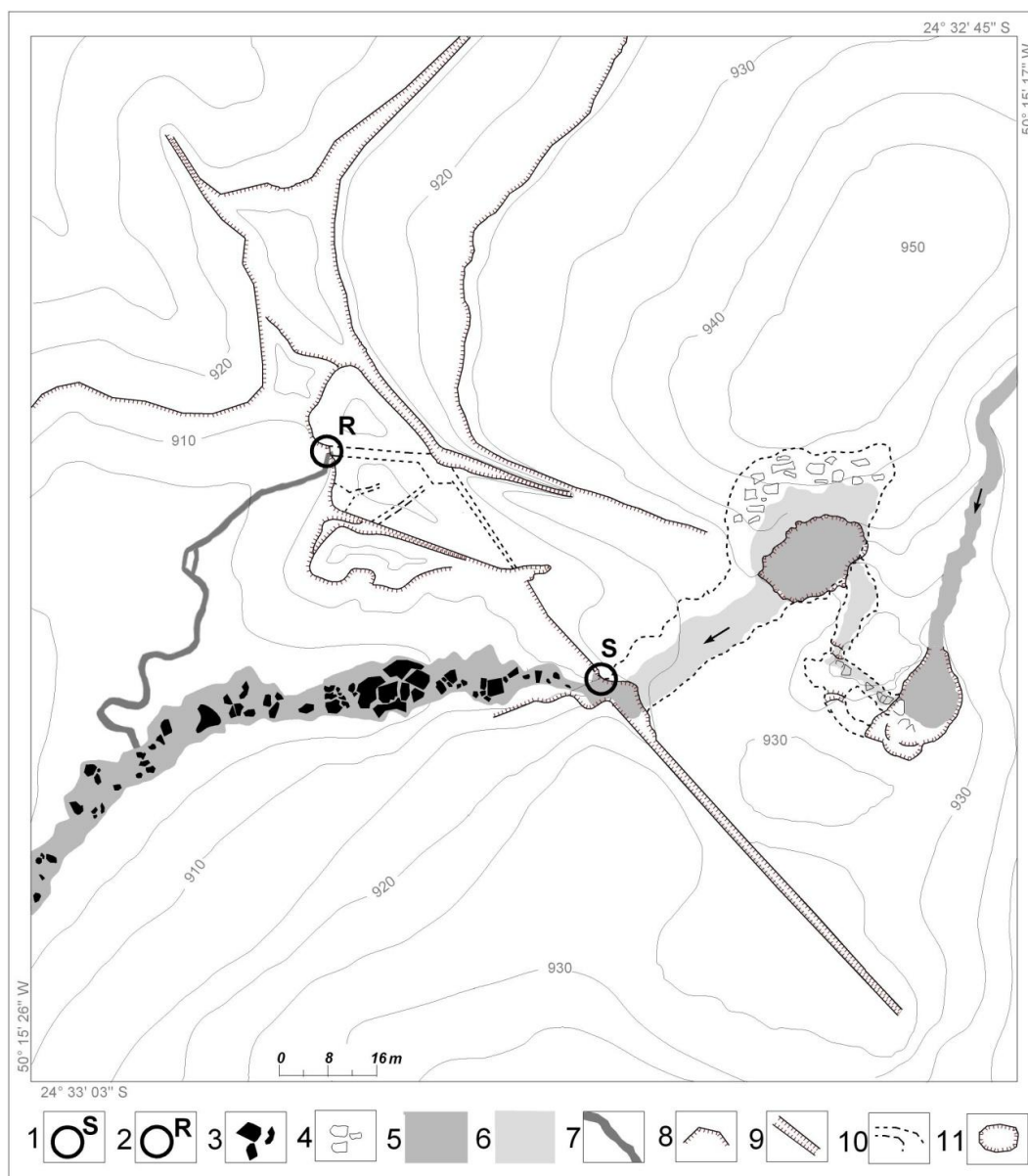
As estruturas rúpteis influenciam de forma marcante a morfologia do relevo local. As três direções estruturais principais são NW-SE, NE-SW e E-W. Ao seguir o trajeto subterrâneo, o Rio Quebra-Pedra encaixou-se em uma estrutura bem desenvolvida no local, uma fenda de direção NW-SE que tem trechos de seu prolongamento interrompidos por desabamento de tetos e paredes rochosas, gerando típicas cavernas em arenito (figura 5).

Sua extensão total é de aproximadamente 190 metros. Outra estrutura marcante do local – que aparece na porção norte da figura 3 – é uma fenda de 42 metros de extensão, com média de 5 metros de largura e aproximadamente 30 metros de profundidade. Essa fenda de direção NE-SW controla o relevo na área e tem origem relacionada às estruturas transversais ao eixo do Arco de Ponta Grossa.

O sumidouro e o conduto subterrâneo estão encaixados na fenda de direção NW-SE e em uma estrutura horizontal relacionada ao acamamento sedimentar dos arenitos da Formação Furnas. A disposição do arenito em camadas horizontais homogêneas facilita sobremaneira essa infiltração da água, através dos planos de estratificação (Soares, 1989). O trajeto interior das águas efetua-se por meios de poços e galerias, e os condutos subterrâneos sempre seguem os pontos de fraqueza da massa rochosa, e tendem a se integrar em alguns canais bem desenvolvidos (Christofolletti, 1980).

Tal como discutido em Wray (2009), um modelo adequado para descrever o fluxo subterrâneo em arenitos quartzosos, ao invés de evocar um padrão difuso ou desorganizado ao longo de fraturas, deve considerar o deslocamento ao longo de uma rede de condutos tipicamente cárstica, onde mecanismos de solução e remoção mecânica tenham papel de destaque na evolução do sistema, obviamente controlados pelo padrão estrutural presente no maciço rochoso (tipologia das estruturas sedimentares e organização das descontinuidades de origem tectônica).

No local do aparecimento do sumidouro ocorreu um desmoronamento de blocos rochosos e de sedimentos que adentraram o conduto subterrâneo, surgindo um buraco de aproximadamente 3 metros de profundidade. O ponto onde ocorreu tal desmoronamento situa-se no caminho dos visitantes do Buraco do Padre, sendo difícil estabelecer com segurança o papel de uma possível ação antrópica no processo de surgimento e desenvolvimento desta feição cárstica (por ex., através de pisoteio ao longo da trilha, alterações na posição de blocos para facilitar o trânsito de visitantes etc).



Legenda - 1: sumidouro; 2: ressurgência; 3: blocos rochosos na superfície do terreno; 4: blocos rochosos em cavidades subterrâneas; 5: águas superficiais (arroyos e lagos dentro das furnas); 6: águas subterrâneas; 7: novo percurso do Rio Quebra-Pedra; 8: escarpas; 9: fendas; 10: projeção do perímetro basal de cavidades subterrâneas; 11: furnas.

Figura 5: Mapa da área apresentando sumidouro/ressurgência, cursos do Rio Quebra-Pedra, fendas, falhas, escarpados, furnas.

É possível inferir que o Rio Quebra-Pedra já utilizasse esse percurso subterrâneo em tempos passados, pois as paredes rochosas da caverna e da fenda mostram-se desgastadas e polidas. O desmoronamento de blocos rochosos e/ou o acúmulo de sedimentos transportados pelo rio teriam causado o entupimento do sumidouro e de seu conduto subterrâneo. Com a imposição de obstáculos à fraca circulação, gradativamente o rio foi desenhando o percurso que hoje se conhece. Atualmente, pode-se presenciar o processo inverso, ou seja, a retirada de tais sedimentos

e/ou blocos rochosos e o surgimento do sumidouro.

Do sumidouro até a ressurgência, o Rio Quebra-Pedra segue um trecho de aproximadamente 60 metros, sendo que, após seguir 36 metros no conduto subterrâneo, o rio precipita em uma queda de 2 metros de altura em um pequeno salão encaixado na fenda de direção NW-SE. Não é possível chegar próximo a esta queda, pois a fenda citada tem uma largura média de 20 cm. Pode-se observar a pequena cachoeira a uma distância de aproximadamente 5 m, adentrando por um

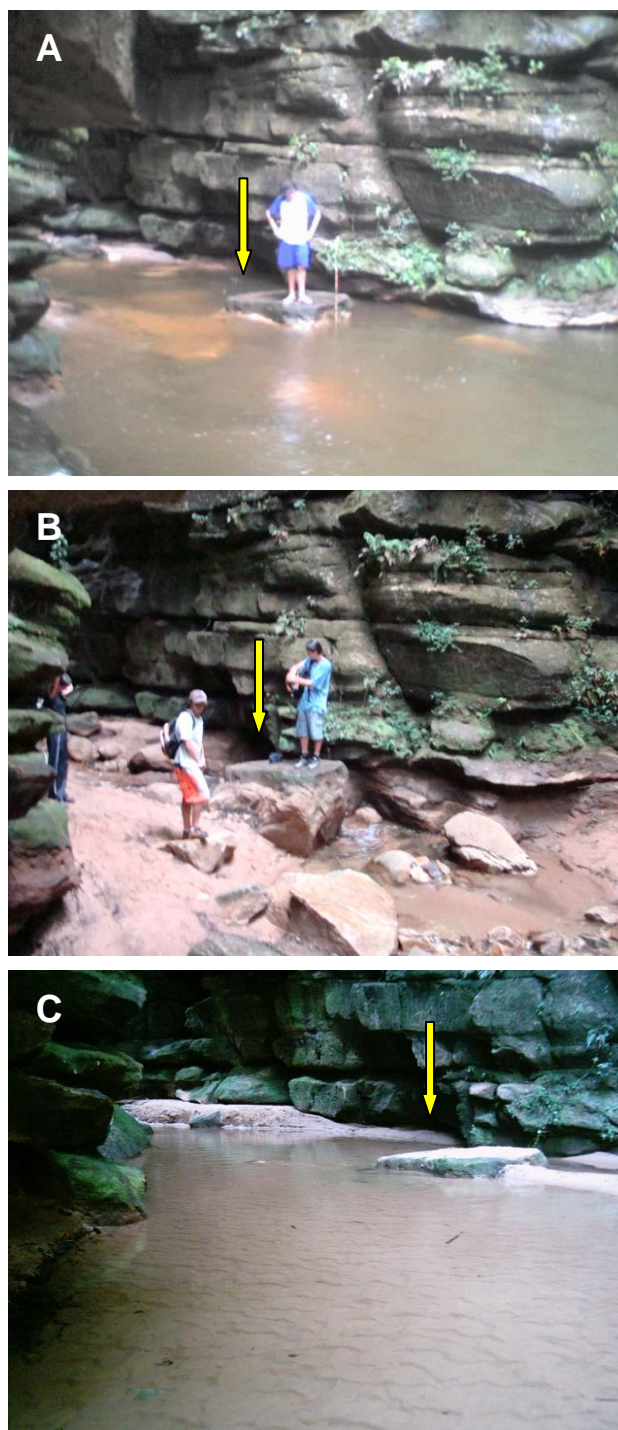
plano de estratificação com altura variável de 40 a 70 cm.

Como bem atesta o episódio recentemente ocorrido no Buraco do Padre, a tônica da dinâmica do Rio Quebra-Pedra é a de constantes modificações, compatíveis com a organização de um sistema em contínua busca de equilíbrio, neste caso incluindo a formação de dutos e cavidades em diferentes níveis das zonas freática e vadosa. O quadro que se observou ao longo dos primeiros meses imediatamente após a formação do sumidouro foi o de uma estreita dependência com o regime de chuvas e, conseqüentemente, a vazão do rio e a carga sedimentar mobilizada. Assim, quando passou a ocorrer o acúmulo de sedimentos próximo ao sumidouro, o rio passou a seguir os dois trajetos, drenando subterraneamente e superficialmente.

Nos dias de intensas chuvas, aumentando a vazão do rio, todo sedimento acumulado próximo ao sumidouro era transportado à jusante pela água, a drenagem tornando-se predominantemente subterrânea e com o gradiente hidráulico mais acentuado (uma diferença de aproximadamente 2 metros do sumidouro ao nível do antigo curso do rio), elevava-se a força da água e a erosão no local (figuras 6).

Apesar do proprietário da área em que se situa o geossítio do Buraco do Padre, há pouco tempo (meados de 2009), ter tapado o sumidouro com sacos de areia, blocos de rocha e concreto, o que no momento representa a interrupção quase completa da atividade do percurso subterrâneo instalado a partir do final de 2007, o local está em contínuo processo de transformação natural, oferecendo uma oportunidade ímpar de acompanhar o mecanismo de desenvolvimento de feições cársticas em rochas quartzosas (figura 7).

Novamente em concordância com o que aponta Wray (2009), estudos de caso em áreas onde arenitos quartzosos se constituem em importantes aquíferos são necessários. Não apenas pelo crescente interesse que têm despertado nas últimas décadas na comunidade científica especializada, construindo o arcabouço teórico-prático para a construção de modelos genéticos realistas, mas também para que sejam estabelecidas estratégias de gestão dos recursos hídricos, eficientes e adaptáveis em longo prazo.



Figuras 6: Nota-se a dinâmica na paisagem próximo ao sumidouro (observar variação do nível do rio e de acúmulo de sedimentos através do bloco de rocha indicado com as flechas). A - Dia 13/01/2008: cheia do Rio Quebra-Pedra, pequeno lago na entrada atingindo cerca de 2 metros de profundidade, drenagem subterrânea e superficial (foto: Ana Maria Bourguignon de Lima); B - Dia 20/03/2008: período de baixa pluviosidade, leito do rio bastante erodido e drenagem somente subterrânea; C - Dia 31/08/2008: grande banco de sedimento, baixa vazão do rio e drenagem somente superficial.



Figura 7 – Sumidouro depois de ser tampado pelo proprietário da área. Data: 06 de agosto de 2009.

Espeleotemas

Dentro do percurso subterrâneo ativado com o surgimento do sumidouro é possível encontrar pequenos espeleotemas típicos dos arenitos da Formação Furnas, principalmente os conhecidos como couve-flor (denominação derivada da semelhança morfológica com o vegetal). Na literatura internacional são também utilizados os termos coral de sílica ou pipoca de sílica, como apresentam Spoladore e Cottas (2007) (figuras 8).

A precipitação de minerais através do processo de infiltração, remoção e deposição, é difícil de ser encontrada nesta unidade litológica, mas em locais onde a umidade é preservada, notam-se espeleotemas milimétricos a centimétricos no interior de cavernas ou até mesmo em planos de estratificação do arenito em exposições na superfície (PONTES, 2009). Conforme apresentam Pontes e Melo (2010), análises de EED (Espectrometria de Energia Dispersiva) revelam que os espeleotemas ocorrentes nos arenitos da Formação Furnas são compostos por sílica e caulinita. Estes mesmos autores relatam a dissolução do quartzo e da caulinita, observadas em imagens de MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura).

Como aborda Wray (1997), diversos estudos revelam fatores comuns entre as formas de relevo em quartzitos e quartzo arenitos e formas de relevo cárstico em calcários, como a dissolução (ação química) e a meteorização (ação física).

Pelo fato da dissolução de rochas quartzosas ser um processo lento, muitos

autores excluíram a possibilidade de formas cársticas nessas rochas. Mas estes espeleotemas nos arenitos comprovam a existência da dissolução do quartzo e do cimento caulínico e sustentam a adoção do termo “carste” para certas feições existentes nos arenitos da Formação Furnas (PONTES, 2009).



Figuras 8 – Espeleotemas em forma de corais nos arenitos indicam a dissolução de caulinita e quartzo.

Considerações Finais

O arcabouço estrutural do geossítio do Buraco do Padre e as feições de abrasão mecânica representam claros sinais de que, há tempos, o Rio Quebra-Pedra já percorria o percurso subterrâneo (re)ativado em 2007. Possivelmente por uma ação combinada de entulhamento por sedimentos e reorganização de grandes blocos de rocha, a conexão representada pelo sumidouro aqui descrito esteve obliterada, conduzindo à configuração tradicionalmente conhecida (anterior a dezembro de 2007).

O processo de formação do sumidouro do Rio Quebra-Pedra no Buraco do Padre está relacionado com a combinação de diversos fatores, como a dissolução do cimento caulínico (arenização) e a remoção dos grãos de quartzo pela ação erosiva do Rio Quebra-Pedra; as estruturas rúpteis (falhas, fraturas, fendas) e o alto índice pluviométrico. No local onde o rio adentra no conduto subterrâneo ocorreu um abatimento do solo e do corpo rochoso atingindo aproximadamente 3 metros de profundidade, atualmente entulhado por sedimentos transportados pelo rio e principalmente pela intervenção humana (sacos de areia, blocos de rocha e concreto). Neste ponto, que os visitantes do Buraco do Padre normalmente passam para chegar à fuma principal, há grande impacto provocado pelo pisoteio, acelerando assim, o abatimento do solo e do corpo rochoso. No momento não é possível confirmar se a ação antrópica influenciou e/ou acelerou o processo de mudança do curso do Rio Quebra-Pedra, mas esta hipótese reflete a necessidade de uma análise mais detalhada, buscando-se medidas que harmonizem a visitação turística e com fins didático-científicos com a manutenção da integridade dos processos geológicos em operação neste magnífico representante do patrimônio dos Campos Gerais do Paraná.

Sendo um lugar de grande beleza cênica e importante atrativo turístico, o Buraco do Padre recebe vários visitantes todos os anos. Apesar de estar localizado dentro da APA da Escarpa Devoniana e do Parque Nacional dos Campos Gerais, não há um plano de manejo específico do local, o que propicia a degradação através do lixo abandonado, destruição da fauna e flora, pichações em paredes rochosas, dentre outras condutas inadequadas. É de grande importância que os órgãos públicos realizem estudos de capacidade de carga e consequentemente o controle da visitação, para que assim não ocorram problemas de erosão em trilhas e outras modalidades de degradação. A busca constante do turismo sustentável faz-se necessária, no qual programas de educação ambiental e de mínimo impacto devem ser constantes para que se possa conservar todo o conjunto natural que compõe o geossítio do Buraco do Padre.

Agradecimentos

Os autores manifestam seu agradecimento às observações e sugestões bibliográficas dos revisores, as quais permitiram considerável aprofundamento das discussões presentes na versão final deste artigo.

Referências

- Christofoletti, A. 1980. *Geomorfologia*. São Paulo, Edgard Blücher, 2º ed. 149 p.
- Dematteis, G. 1975. *Manual de la Espeleologia*. Editorial Labor S.A., Barcelona. 153 p.
- Jennings, J. N. 1983. Sandstone pseudokarst or karst? In: Young, R. W.; Nanson, G. C. *Aspects of Australian Sandstone Landscapes*. Wollongong: Australian and New Zealand Geomorphology Group Special Publication no.1.
- Martini, J. E. J. 1979. Karst in Black Reef Quartzite near Kaapsehoop, Eastern Transvaal. *Annals of Geological Survey*. Pretoria p. 115-125
- Melo, M.S.; Giannini, P.C.F. 2007. *Sandstone dissolution landforms in the Furnas Formation, Southern Brazil*. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 32, p. 2149-2164.
- Melo, M.S.; Lopes, M.C.; Boska, M.A. 2005. *Furna do Buraco do Padre, Formação Furnas, PR - Feições de erosão subterrânea em arenitos devonianos da Bacia do Paraná*. In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Berbert-Born, M.; Queiroz, E.T.; Campos, D.A.; Souza, C.R.G.; Fernandes, A.C.S. (Edit.), *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Publicado na Internet em 08/10/2005 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio110/sitio110.pdf>
- Pontes, H.S. 2009. *Geoespeleologia e geomorfoespeleologia da Caverna da Chaminé, Ponta Grossa – PR*. SEMANA DE GEOGRAFIA, 16., 2009, Ponta Grossa. **Pluralidade na Geografia**. Ponta Grossa: UEPG/Diretório Acadêmico de Geografia Luiz André Sartori – DAGLAS. p 221-225.
- Pontes, H.S.; Melo, M.S. 2010. Processos erosivos em arenitos da Formação Furnas:

- um Sistema Cárstico na região dos Campos Gerais do Paraná? Anais do IX Encontro de Pesquisa e III Simpósio de Pós-Graduação – UEPG, Ponta Grossa – PR.
- Soares, O. 1989. *Furnas dos Campos Gerais, Paraná*. Curitiba: Scientia et Labor.
- Souza, C.R.G.; Souza, A.P. 2004. O Escarpamento Estrutural Furnas, SP/PR. Raro sítio geomorfológico brasileiro. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (Eds.), Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil – SIGEP. 299-306 p.
- Spoladore, A.; Cottas, L.R. 2007. *Ornamentos de cavernas areníticas*. Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Espeleologia. Ouro Preto – MG. Sociedade Brasileira de Espeleologia. 289-295 p.
- Wray, R.A.L. 1997. *Quartzite dissolution: karst or pseudokarst?* In. Cave and Karst Science 24 (2), 81-86 p.
- Wray, R. A. L. 2009. Phreatic drainage conduits within quartz sandstone: Evidence from the Jurassic Precipice Sandstone, Carnarvon Range, Queensland, Australia. *Geomorphology* 110 p. 203–211..



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.sbe.com.br/espeleo-tema.asp

EXPEDIÇÃO JURASSIC CAVE 2009 AKAKOR GEOGRAPHICAL EXPLORING

EXPEDICIÓN JURASSIC CAVE 2009 AKAKOR GEOGRAPHICAL EXPLORING

Soraya Ayub¹ & Franco Gherlizza²

Akakor Geographical Exploring - www.akakor.com, Lierna, Lecco (Itália).

Contatos: akakor@tin.it; franco.gherlizza@gmail.com

Resumo

Depois de 11 anos da realização da Expedição Humajalanta'98 a Associação Akakor Geographical Exploring decidiu retornar em Torotoro para continuar as explorações e os estudos iniciados em 1998. A paisagem da região é caracterizada por planaltos que apresentam vários cânions e originaram um carste com cavernas, abismos, gargantas, ressurgências, sumidouros, dunas, karren, etc., que se formaram em calcários do Cretáceo. Durante a Expedição Jurassic Cave 2009 foram exploradas 20 cavernas, das quais topografadas 15. As atividades realizadas em Torotoro são parte de um projeto amplo que será realizado nos próximos anos em colaboração com o SERNAP – Serviço Nacional de Áreas Protegidas da Bolívia, que prevê exploração, estudo e pesquisa multidisciplinar também em outras áreas do país.

Palavras-chave: Jurassic Cave; AKAKOR; Humajalanta; Torotoro; pesquisa multidisciplinar.

Resumen

Transcurrieron 11 años desde la Expedición Humajalanta'98 y Akakor Geographical Exploring ha decidido retornar a Torotoro para continuar las investigaciones realizadas en 1998. El paisaje de la región está caracterizado por altiplanos con presencia de varios cañones y han desarrollado cavernas, abismos, gargantas, surgentes, sumideros, dunas, karren, etc. y se formaron en calcáreos del Cretáceo. Durante la Expedición Jurassic Cave 2009 fueron exploradas y catastradas 20 cuevas, de las cuales 15 fueron relevadas. Las actividades hechas en Torotoro forman parte de un proyecto amplio que se desarrollará en los próximos años en colaboración con el Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP) de Bolivia, con la finalidad de realizar investigación multidisciplinarias también en otras zonas del país.

Palabras-clave: Jurassic Cave; AKAKOR; Humajalanta; Torotoro; investigación multidisciplinar.

Eixo temático: Prospecção e mapeamento
Recebido em: 30.jun.2010

Aprovado em: 05.jul.2010

Introdução

O potencial espeleológico de Torotoro foi avaliado pela primeira vez em 1966 por uma equipe de paleontólogos bolivianos, chefiados pelo professor Branisa, com a descoberta da caverna Humajalanta, atualmente a mais importante da Bolívia.

Depois do primeiro estudo realizado em Humajalanta, foram efetuadas outros trabalhos no sistema Humajalanta – Chiflon Q'Aqa: Chabert, 1967; SCP, 1967; Durand, 1968; Ellemberg 1981, Guyot et Clavel, 1987; Marcantoni et al. 1988; Guyot 1988, 1989; Guyot et al. 1989, 1990, 1992, 1997, ACT 1993.

Em 1998, a Associação Akakor Geographical Exploring realizou a Expedição Humajalanta'98 onde foram exploradas e topografadas 11 cavernas chegando a um total de 14 em toda a Bolívia. Além disso, a AKAKOR implantou o CABOESP – Cadastro Boliviano de Espeleologia para o registro das cavidades bolivianas descobertas e também publicou vários trabalhos da região (Ayub 1998, Ayub e Epis 1999, Ayub et al 1997, 1998, 1999, Epis 1998, Epis e Ayub 2001, Eraso et al 1999, 2001).

Depois de 11 anos da primeira expedição, infelizmente, verificou-se que as atividades espeleológicas na Bolívia não

evoluíram, não havendo registro de explorações e pesquisas espeleológicas em todo o país. Existem notícias de expedições internacionais que vieram à Bolívia, mas que não deixaram publicações nem tão pouco cadastraram eventuais cavernas descobertas no CABOESP.

Desta forma, a Associação Akakor Geographical Exploring decidiu voltar a Torotoro para incentivar os jovens funcionários e os guias do PNT - Parque Nacional de Torotoro a adquirir formação suficiente para serem considerados espeleólogos e a formarem grupos de Espeleologia com novas atividades correspondentes.

A expedição Jurassic Cave 2009 foi realizada durante o período de 2 a 23 de agosto de 2009 e participaram 11 espeleólogos da AKAKOR, 6 guardas parque e um técnico do PNT, a secretaria de turismo do município de Concha K e um guia espeleológico de Torotoro.



Foto 01 - Participantes da Expedição Espeleologica Jurassic Cave 2009.

Localização e características fisiográficas da área de estudo

A região de Torotoro localiza-se no departamento de Potosi, Bolívia, e apresenta uma área de aproximadamente 165.700 Km². A palavra Torotoro é de origem quéchua (uma das línguas oficiais da Bolívia) "T'uru T'uru" e significa terreno barrento.

A paisagem da região é caracterizada por planaltos onde se apresentam cânions com altura variada entre 60 e 300 metros.

O ambiente natural é caracterizado por uma vegetação do tipo andino, puna e paramo, e de uma tundra sub ártica de arbustos e

musgos. A altitude varia entre 2000 e 3500 metros e o clima é semi árido.

A região de Torotoro é constituída de vários níveis ecológicos e, de conseqüência, também o clima é diferente dependendo da altitude local. Por exemplo: a zona de altitude baixa (2000 – 2500 metros) apresenta temperaturas médias anuais de 27°C, clima tipo semi quente. Invés a zona de altitude intermediária (2500 – 3000 metros) apresenta temperaturas médias anuais de 24°C e a zona de altitude alta (3000 – 3500 metros) apresenta 14°C.

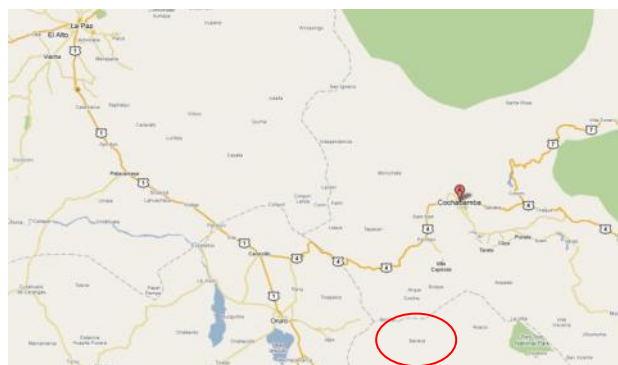


Figura 01 – localização da área de estudo

A fauna silvestre se destaca pela presença de uma grande variedade de espécies, tantas endêmicas, que pertencem à regiões andinas, patagônicas e amazônicas. Se destacam muitas espécies entre as quais 44 de mamíferos, 91 de pássaros, 28 de répteis, 10 de peixes e anfíbios. A estas espécies se juntam uma enorme quantidade de insetos subdivididas em tantas variedades.

Geologia da área de estudo

A área de estudo localiza-se nos terrenos mesozóicos na margem direita do Rio Caine. A série estratigráfica mesozóica é formada, de baixo para cima, das seguintes camadas:

- 1 Uma série de arenitos de cor vermelho com espessura de 100 metros situados sobre terrenos carboníferos;
- 2 Uma série de calcarenitos com espessura de 150 metros que se encontram em uma fase avançada de calcificação;
- 3 Uma camada de calcários com uma espessura de centenas de metros que constituem a Formação "El Molino", onde se encontram a maior parte das cavernas

exploradas pelas expedições AKAKOR e também onde estão localizadas as pegadas de dinossauros.

Os vales formados pelos sinclinais são formados de sedimentos mais modernos constituídos de argilas de cor cinza, verde e vermelho, onde a espessura chega até 100 metros alcançando o Mioceno. São nestes sedimentos que se encontram tartarugas fosséis.

Estruturalmente a região é formada por uma série de dobras do estilo Jurássico (daí o nome da Expedição) que se apresentam como sinclinais (vales de Torotoro e do Rio Caine) e anticlinais (a serra de Huayllas com os seus 2365 metros de altitude), todos paralelos, com direção NW-SE perfeitamente visíveis a dezenas de quilômetros.

profundidade que chega a 200 metros (Garrapatal, Inca Corral, Laguna Mayu y Sucu Sumo) e que descarregam suas águas no Rio Caine.

- 2 No SE de Torotoro existe um sinclinal com o mesmo nome que se prolonga até o vilarejo de Rodeo, atingindo os 3000 metros de altitude.



Foto 02 – Dobras da Serra de Huayllas

Do ponto de vista da Hidrogeologia podemos fazer as seguintes observações:

- 1 No sinclinal de Torotoro existe um aquífero cárstico confinado, onde a sua recarga provém do flanco NE da serra de Huayllas e das bacias não cársticas onde o rio, em contacto com a camada de calcário penetra em vários sumidouros.
- 2 As estruturas são cortadas por uma série de falhas geológicas com direção N30° de caráter transcorrente e são responsáveis por um baixo termalismo (temperaturas até 30°C).

As reservas de água subterrânea da bacia de Torotoro são de grande importância para a região e merecem ser estudada de forma mais detalhada, para tentar resolver o problema de seca da região. Existem também importantes reservas de águas termais que podiam ser utilizados como atração turística do parque (Eraso et al 1999, 2001).

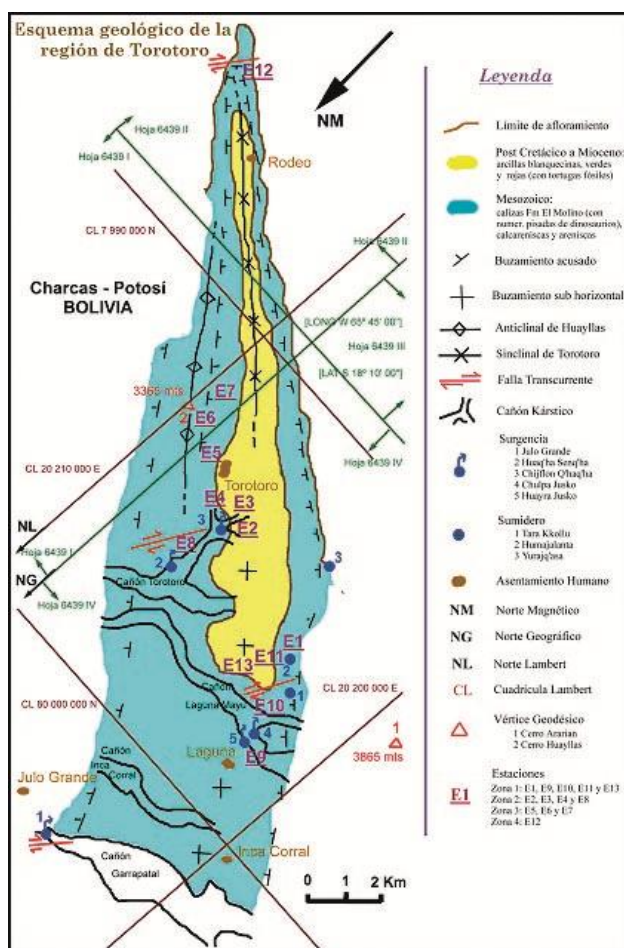


Figura 02 – Mapa geológico da área de estudo (Eraso et al 1999)

A geomorfologia da região apresenta dois estilos diferentes:

- 1 De NW a SE de Torotoro existem uma série de cânions carsticos, com uma

As características espeleológicas do território

As formações cársticas (cavernas, abismos, gargantas, ressurgências,

sumidouros, dunas, karren, etc.) se formaram em calcários do Cretáceo.

Das 14 cavernas que eram conhecidas na Bolívia antes da Expedição Jurassic Cave 2009 11 são situadas no território de Torotoro, que foram exploradas, mapeadas e cadastradas pela Expedição Humajalanta'98. A AKAKOR em colaboração com a SOBESP – Sociedade Boliviana de Espeleologia criou o CABOESP – Cadastro Boliviano de Espeleologia que infelizmente, não foi mais atualizado desde então. Porém, a história espeleológica boliviana é muito recente e portanto, tem-se muito ainda que explorar.

O maior e mais importante sistema cárstico da Bolívia é o de Humajalanta e Chiflón Q`AQA que foi estudado detalhadamente do ponto de vista hidrogeológico e os resultados podem ser consultados nos trabalhos de Eraso et al 1999, 2001.

Durante a mesma expedição de 1998 foi descoberta, explorada e mapeada a caverna Huayllas que continua sendo a mais profunda de toda a Bolívia com seus 145 metros de profundidade.

A área de estudo apresenta um grande potencial espeleológico (inúmeras cavernas já localizadas e não exploradas), paleontológico (muitos sítios com presença de fosseis e numerosas pegadas de dinossauros), antropológicos (diversas pinturas rupestres e ruínas de civilização Incaica), biológicos (flora e faunas específicas da região) e geológicos (aspectos estratigráficos e estruturais únicos).

Nomenclatura das cavernas exploradas durante a expedição Jurassic Cave 2009

As cavernas exploradas durante Expedição Jurassic Cave 2009 receberam nome no momento da exploração. A Associação AKAKOR tem a tendência, salvo justificadas exceções, de usar palavras na língua local, quéchua, respeitando as tradições locais. Das 15 cavernas mapeadas o grupo AK1, AK2, AK3 e AK4, chamadas de AKAKOR provisoriamente, até os moradores da região apresentarem suas propostas para serem modificados os respectivos nomes das cavidades no CABOESP.

Descrição das cavernas exploradas durante a expedição Jurassic Cave 2009

A Expedição Espeleológica organizada da Associação Akakor Geographical Exploring havia, no seu programa, mais de um objetivo a ser alcançado na área do Parque Nacional de Torotoro. Os principais objetivos eram: 1) exploração, pesquisa, documentação e estudo de novas cavidades naturais e artificiais (se encontradas) que poderiam ser descobertas na área de estudo; 2) realizar uma série de observações geológicas e geomorfológicas para a implantação de um projeto multidisciplinar no PNT em colaboração com o SERNAP – Serviço Nacional de Área Protegidas de Bolívia; 3) realizar um estudo da adaptação ao stress dos participantes de uma expedição espeleológica.

Outros objetivos secundários eram: um pacote de cursos de Técnicas Verticais para a Espeleologia destinada aos guardas parque e aos guias de Torotoro e também a participação da AKAKOR ao III Congresso Boliviano de Espeleologia.

Chegando a Torotoro, todos os olhares se voltaram para as estupendas “ondas” de rocha branca (dobras gigantescas) que ultrapassavam os limites do território a ser estudado.

A lógica nos aconselhava que antes de iniciar qualquer atividade de exploração, deveríamos ter um primeiro contacto com a área de estudo e assim foi feito. Graças à inteira disponibilidade do corpo técnico do parque pode-se realizar um reconhecimento suficientemente satisfatório da região que deveríamos trabalhar nos dias sucessivos.

O primeiro dia foi dedicado à observação de aspectos geológicos, hidrogeológicos e paleontológicos que circundam a cidade de Torotoro. Durante toda a manhã, a equipe percorreu paisagens desérticas, com pouquíssima vegetação, devido ao período de inverno, porém de geologia e geomorfologia muito interessantes.

O grupo visitou também um dos vários cânions que cortam o planalto, com muitas pegadas de dinossauros, de vários tipos, que formam um retículo de pistas desses mastodônticos animais.

À tarde, uma visita à caverna Humajalanta, permitiu ao grupo de conhecer o

que se poderia encontrar como tipo de cavidade durante as possíveis descobertas. Esta caverna muito famosa na Bolívia, de objetivo turístico e didático, é muito interessante em vários aspectos como, por exemplo, a sua morfologia com presença de algumas zonas com percurso de água e outras totalmente secas, com grandes depósitos de areia, etc. e também a fauna interna com morcegos e raros peixes albinos.

Além de conhecer o território, o primeiro dia serviu também para deixar passar um pouco o cansaço acumulado durante os dias de viagem aos participantes da expedição que chegaram do Brasil e da Itália.

À noite, em torno a uma alegre mesa, onde se reuniram todas as equipes de expedição, foram localizadas as zonas de trabalho do dia seguinte. Portanto, o primeiro contacto com as cavernas de Torotoro aconteceu em duas frentes de trabalho: um grupo iniciou a subir pelas rípidas montanhas ao sul de Torotoro, enquanto um outro grupo subiu as montanhas ao norte, com um jeep, que o parque colocou a disposição da expedição.

A primeira equipe tinha a função de explorar e mapear duas cavernas que o guia Mario Jardim descobriu alguns meses antes. Para alcançar as entradas destas cavidades o grupo teve que escalar 250 e 600 metros, respectivamente, em relação aos 2600 metros de altitude da cidadezinha de Torotoro, em um terreno completamente sem vegetação, debaixo de um sol forte, tarefa que foi compensada com a magnífica paisagem que se pôde ver somente daquela altura.

As cavernas exploradas foram originadas de falhas que penetram no terreno por uns dez metros em um ambiente bastante monótono. Elas apresentavam pó em suspensão, dando a sensação de caminhar dentro de uma nuvem de talco marrom todo o tempo. Essa condição criou alguns problemas de respiração (obrigando o uso de máscaras) e também fazia com que os olhos lacrimassem o tempo todo (muito aconselhável o uso de óculos tipo soldador).

Terminado o trabalho de mapeamento a equipe iniciou a descer a montanha e no caminho, que não foi o mesmo da ida, uma outra caverna de pequena dimensão foi descoberta. Esta caverna com morfologia

similar às outras se fecha em um salão de desmoronamento. Terminada também o trabalho em esta cavidade, tomou-se o caminho de volta ao alojamento, debaixo de uma tempestade de água e granizo bastante violenta.

Estas três cavernas foram identificadas com a sigla "PM" (Puma Mogo Jusqu, nome da serra, que significa pequena montanha vermelha), seguida da numeração 1, 2 e 3.

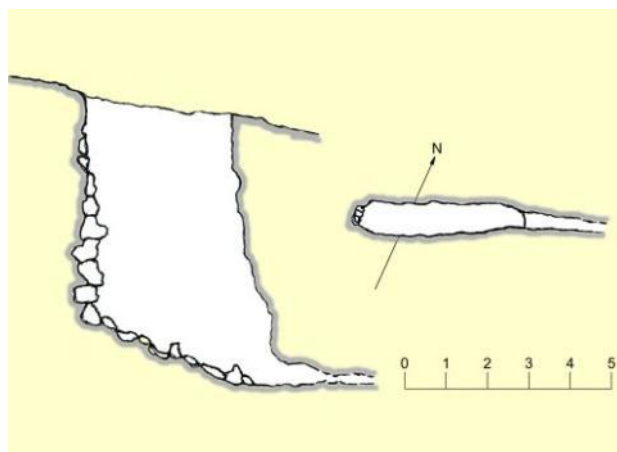


Figura 03 – Caverna PM3 - Puma Mogo Jusqu 03

No mesmo dia, a outra equipe descobriu 3 cavernas e como era prevista para este grupo somente exploração, a topografia foi deixada para o dia seguinte.

No outro dia, com os guardas florestais do parque, as duas equipes foram para a área mais promitente (aquela da segunda equipe do dia anterior), dividindo-se em uma equipe de exploração e duas de topografia.

Alcançando a entrada da primeira caverna a ser topografada e fotografada, as duas outras equipes se separaram e iniciaram a realizar uma varredura da zona em busca de outras cavidades. Esta caverna, assim como as outras da região receberam a sigla JL (Juraq Llust'a).

As cavernas e JL1 e JL2 são cavernas que espelham o tipo de cavernas daquela zona: uma dolina com abismo de pequenas dimensões, seguido de conduto quase horizontal que à medida que é percorrido se estreita cada vez mais até haver dimensões que mesmo o participante da expedição com a menor estatura não conseguia prosseguir.

A caverna JL3, descoberta por um dos participantes da equipe de exploração, é constituída de um conduto de dimensões

reduzidas, que se bifurca em dois salões com um desenvolvimento de algumas dezenas de metros cada um, terminando ambos com uma descida de poucos metros que afunila em uma passagem muito estreita que não permite a passagem de uma pessoa. Esta caverna apresentava o mesmo fenômeno da nuvem de pó marrom encontrada em outras cavernas.

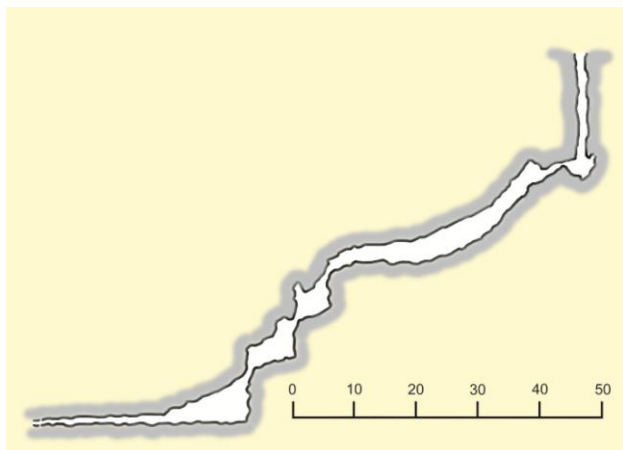


Figura 04 – Caverna JL2 - Juraq Llust'a 02

O início da descida do pequeno abismo da caverna JL4 foi muito tensa devido ao destaque e queda de pedras das paredes circundantes e também da vegetação exuberante e espinhosa presente no ingresso da mesma. Depois de superar estes obstáculos o resto da descida foi mais tranqüilo. Esta caverna apresenta o seu ingresso na camada de calcário da Formação “El Molino e termina em uma lente de siltito, rocha impermeável que criou condição ideal para existência de um lago no final da cavidade.

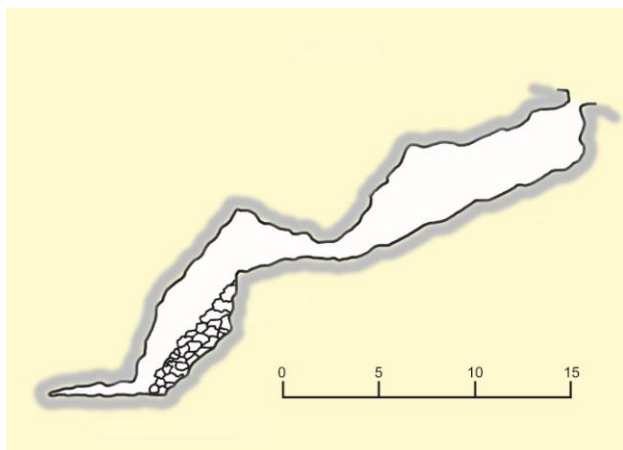


Figura 05 – Caverna JL4 - Juraq Llust'a 04

Para honrar os compromissos de AKAKOR com o PNT, uma das equipes

permaneceu no campo base no dia seguinte para realizar um curso de técnicas verticais aos guardas parque e aos guias locais.

A outra equipe partiu com 4 exploradores acompanhados de alguns guardas parque em suas motos, meio de transporte disponível naquele dia, e iniciaram os trabalhos de exploração e topografia não terminados no dia anterior.

Para um dos cursos de Introdução à Espeleologia, foi individualizada uma parede em um cânion, a meia hora a pé de Torotoro, onde puderam-se realizar as aulas práticas de técnicas verticais. O local foi muito bem escolhido para as necessidades do curso, e se transformou em uma parede-escola de 20 metros de altura onde os 30 alunos bolivianos puderam praticar técnicas de progressão em corda, uso de equipamentos de Espeleologia e também introdução aos principais nós de ancoragem utilizados.

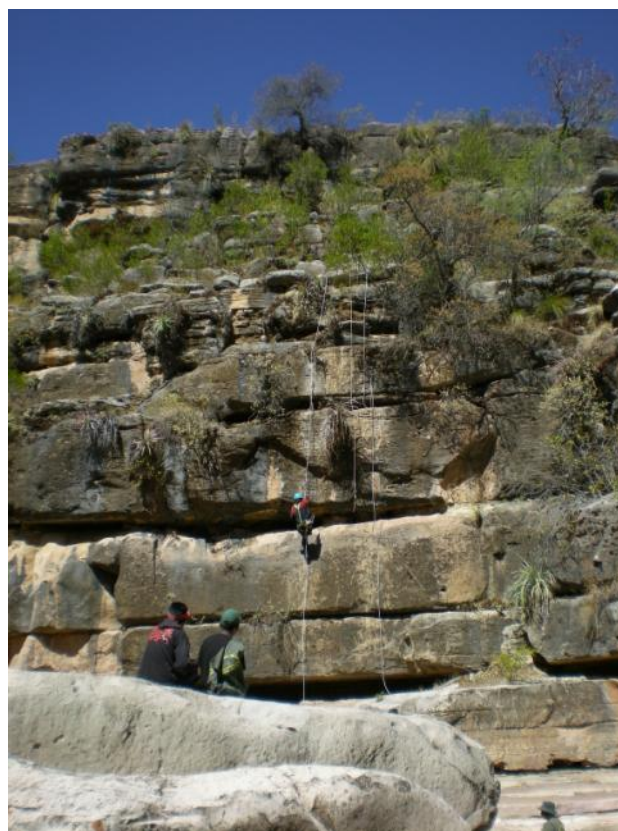


Foto 03 – A parede escola da AKAKOR em Torotoro

No dia seguinte, todos ficaram surpresos quando viram o meio de transporte colocado a disposição pela prefeitura de Torotoro: a ambulância local, que levou a equipe de

trabalho até a cota de 3000 metros para terminar os trabalhos do dia anterior.

Atrás de uma rocha e escondida da vegetação, encontra-se a entrada da caverna PK1 (Pukia Khala = rocha branca). A caverna se desenvolve por quase 50 metros, para depois terminar em uma sucessão de cinco salas e apresentar uma outra saída. No interior desta caverna encontram-se grandes depósitos de pirita que dificultaram muito o uso da bússola para a realização da topografia.

À noite, depois de uma reunião, se decidiu que toda a equipe, com exceção de duas pessoas, se deslocaria a uma zona distante, montando um campo base avançado e realizando uma prospecção a varredura de toda a zona na tentativa de descobrir novas cavernas. Assim, no dia seguinte, todos tiraram o dia para passar a limpo os dados das topografias e os croquis, organizar e lavar os equipamentos, etc.

No dia seguinte o grupo partiu e quem ficou no campo base principal iniciou a montar uma apresentação em Power point, da expedição em andamento para o III Congresso Boliviano de Espeleologia, com fotografias realizadas durante aqueles dias.

Dos dois dias dedicados ao estudo desta nova área, com 1/3 do tempo utilizado para se aproximar da mesma, mas a decisão da realização deste campo base avançado foi estratégica justamente para não desperdiçar tempo. Uma parte do percurso foi realizada com veículos 4x4 e o restante caminhando a pé, enquanto todos os equipamentos foram transportados por mulas que realizaram um outro caminho, mais longo mas saindo também muito antes do grupo havia a necessidade de chegar no local das explorações o mais rápido possível, sem carregar peso e por isso o material chegou antes.

Durante esta nova exploração, sempre acompanhados dos funcionários do parque, foram descobertas oito novas cavernas, mas apenas 4 foram mapeadas, por uma questão de tempo. Serão retomadas as topografias este ano de 2010, com os trabalhos da Expedição Terras Altas – Uyuni Avaroa.

As quatro cavernas mapeadas receberam a sigla QL (Quebrada Laguna) e apresentam a mesma tipologia: entrada com um pequeno abismo de 5 a 10 metros para depois ingressar em um conduto semi

horizontal que se estreita até não possibilitar a passagem de uma pessoa. Algumas delas apresentam um desmoronamento no fundo do abismo inicial que se reapresenta durante o conduto plano. Todas as oito cavernas estão do mesmo lado da montanha de quase 3000 metros, e hidrologicamente falando muito provavelmente descarregam suas águas no mesmo lençol freático que desce ao fundo do cânion e deságua finalmente no rio Caine.

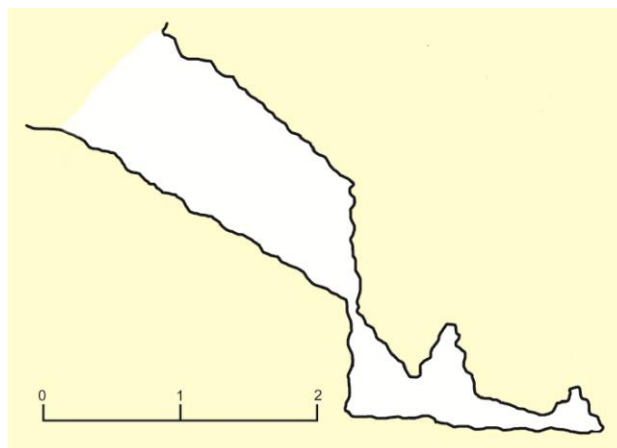


Figura 06 – Caverna QL4 - Quebrada Laguna 04

Os espeleólogos que ficaram no campo base principal resolveram, junto com um guarda parque, explorar um cânion próximo de Torotoro e conseguiram individualizar duas novas cavernas, que foram localizadas para uma posterior exploração e topografia.

Depois dos dois dias de exploração, o dia 16 de agosto foi destinado para a participação de todos ao III Congresso Boliviano de Espeleologia. Quando a AKAKOR organizou sua primeira expedição em Torotoro em 1998, a SOBESP – Sociedade Boliviana de Espeleologia resolveu realizar o I Congresso Boliviano de Espeleologia, mesmo sendo uma sociedade jovem, com pouquíssimo recursos financeiros e poucos adeptos à atividade. O grande problema desta sociedade, constituída de pessoas já de certa idade, era incentivar jovens à Espeleologia e mais do que isso a fazer parte da diretoria da SOBESP. Sem equipamentos acessíveis no país e necessária importação dos mesmos, se tornava muito difícil o ingresso de candidatos à atividade. A diretoria da SOBESP, constituída de alguns engenheiros, viu na chegada de uma expedição espeleológica internacional o incentivo que necessitavam e daí resolveram realizar o congresso. Juntando trabalhos da

AKAKOR e também desses engenheiros que realizaram algumas explorações no carste boliviano foi possível criar um ambiente favorável ao evento. No ano de 2000 foi realizado o II Congresso Boliviano de Espeleologia, concomitante com a Expedição Atahualpa 2000. Por esta ocasião se encontrava outra expedição espanhola em Torotoro e com eles e a AKAKOR o congresso foi realizado no Lago Titicaca. Agora em 2009 o terceiro evento realizado, sempre na tentativa de achar novos adeptos à atividade, pela primeira vez contou com um grupo de Espeleologia (na Bolívia são três) formado de poucos meses que compareceu ao evento em grande número de participantes.

A AKAKOR apresentou quatro trabalhos no congresso: Expedição Jurassic Cave 2009 (Dra. Soraya Ayub), Didática espeleológica no território da região italiana Friuli Venezia Giulia (Franco Gherlizza), Adaptação ao stress em Espeleologia (Dra. Oriana Broccolini) e Noções básicas de resgate usadas pela Defesa Civil Italiana (Daniele Berardi).



Foto 04 – Apresentação da AKAKOR no III Congresso Boliviano de Espeleologia

No dia seguinte o grupo se reuniu na borda do cânion de Torotoro, esperando para descer 40 metros e alcançar uma caverna a 160 metros de altura. É uma caverna com uma entrada bastante ampla, com um salão grande e bem ornamentado, porém, habitada por muitos morcegos o que dificulta muito a respiração, obrigando os participantes da expedição a usarem máscaras. Apenas se entrava neste salão se entendia imediatamente a situação e a ordem foi realizar a topografia e fotografias rapidamente e retomar a subida ou descida do cânion o mais depressa possível. Essa caverna foi denominada AK1, AKAKOR 01 como as demais outras três AK. Este nome

é provisório até que os habitantes decidam os nomes definitivos em língua quéchua e assim podemos efetuar as devidas mudanças no CABOESP.

Nos demais dias de expedição a atenção se voltou ao cânion de Torotoro onde foram exploradas as duas cavernas origem paleo-fluvial.



Foto 05 – Descendo a parede para chegar na caverna AKAKOR 01

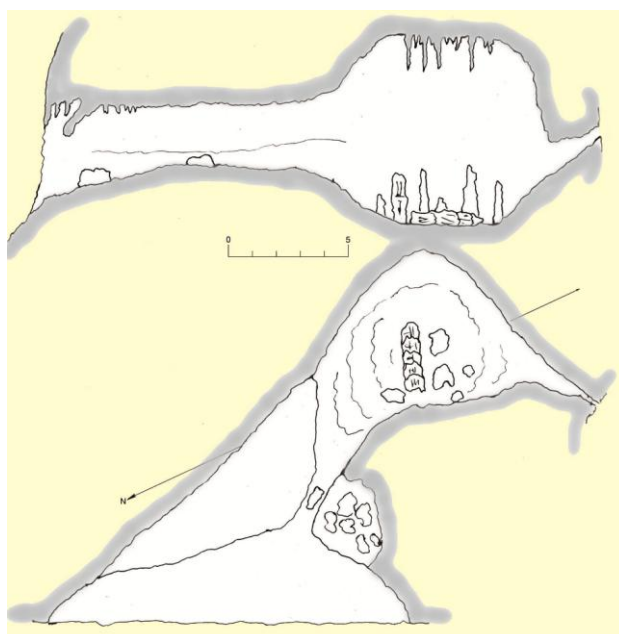


Figura 07 – Caverna AK1 - AKAKOR 01

As cavernas em arenito: um capítulo à parte

As cavernas em arenito de Torotoro situadas a mais de 3000 metros de altitude não foi objetivo da expedição de 2009, mas algumas observações foram realizadas para as futuras pesquisas das próximas expedições.

Estas cavernas situadas a 2600 metros de altitude foram formadas basicamente por processos erosivos, exclusivamente mecânicos, à diferença de processos de dissolução que ocorrem em rochas

carbonáticas. Trata-se de pequenas cavernas, um pouco maiores que abrigos naturais, onde a água as escavou formando principalmente condutos verticais devido a camada de arenito ser a última de todo o pacote de rochas presentes e daí a proximidade do teto das cavidades com a superfície externa. Estes condutos verticais à medida que ganham profundidade, se abrem em salões a forma de garrafões, alguns com presença de várias entradas laterais e sem nenhum tipo de espeleotema.

ornamentada, se apresenta em um estado avançado de destruição. Além disso, o staff técnico da AKAKOR a avaliou como inadequada para o turismo convencional e também para o chamado turismo de aventura. A caverna se apresenta bastante difícil para qualquer pessoa ingressar; na Itália, para a Escola Italiana de Espeleologia, uma cavidade do tipo de Humajalanta seria destinada a cursos de primeiro nível para espeleólogos e não para o turismo.

Avaliação preliminar da capacidade turística das cavernas e do PNT – Parque Nacional de Torotoro

Fatores como a presença de muitos cânions de fácil acesso no PNT – Parque Nacional de Torotoro e a falta de um controle mais eficaz do número de turistas presentes no parque permitem a degradação de pinturas rupestres, a destruição de estalactites e estalagmites nas principais cavernas, etc. Portanto, se torna indispensável a implantação de um sistema de informações aos visitantes do parque, que só poder ser realizado através de uma boa formação dos guardas parque e dos guias de Torotoro. Com uma boa formação eles podem passar informações corretas e mais detalhadas de temas como a preservação do ambiente, assim como da flora e fauna local.

A caverna de Humajalanta, independente de ser a maior caverna da Bolívia e a mais



Foto 06 – As cavernas de Arenito de Torotoro

TABELA 01 – CAVERNAS DE TOROTORO DOCUMENTADAS DURANTE A EXPEDIÇÃO JURASSIC CAVE 2009

SIGLA	NOME DA CAVERNA	LATITUDE	LONGITUDE	COTA	CARTA	DATA DA EXPLORAÇÃO
PM 1	Puka Moqo Jusqu 01	20K 0208474	7992540	2857	Torotoro	8 agosto 2009
PM 2	Puka Moqo Jusqu 02	20K 0209181	7992461	3200	S. Vicente	8 agosto 2009
PM 3	Puka Moqo Jusqu 03	20K 0208592	7992572	2916	Torotoro	8 agosto 2009
JL 1	Juraq Llust'a 01	20K 0202981	7992953	3058	Torotoro	9 agosto 2009
JL 2	Juraq Llust'a 02	20K 0202982	7992978	3049	Torotoro	9 agosto 2009
JL 3	Juraq Llust'a 03	20K 0203025	7992956	3051	Torotoro	9 agosto 2009
JL 4	Juraq Llust'a 04	20K 0203052	7992923	3048	Torotoro	9 agosto 2009
PK 1	Puka Khala	Será refeito	Será refeito		Torotoro	11 agosto 2009
QL 1	Quebrada Laguna 01	20K 0198682	7997160	3334	Torotoro	14 agosto 2009
QL 2	Quebrada Laguna 02	20K 0198924	7997244	3290	Torotoro	14 agosto 2009
QL 3	Quebrada Laguna 03	20K 0199015	7997006	3266	Torotoro	14 agosto 2009
QL 4	Quebrada Laguna 04	20K 0199321	7997556	3196	Torotoro	14 agosto 2009
AK 1	AKAKOR 01	Será refeito	Será refeito		Torotoro	16 agosto 2009
AK 2	AKAKOR 02	20K 0214515	7986997	2992	Carasi	17 agosto 2009
AK 3	AKAKOR 03	20K 0206662	7994040	2650	Torotoro	18 agosto 2009
AK 4	AKAKOR 04	20K 0206408	7994069	2651	Torotoro	18 agosto 2009

Já, para o chamado turismo chamado de aventura, existem alguns aspectos a serem analisados: se uma caverna é classificada como turística de aventura (como insiste de chamar a gerência do parque) como pode receber turistas que visivelmente não apresentam capacidade para realizar tal atividade? Por que anteriormente ao ingresso na caverna os turistas não são informados que se trata de uma cavidade destinada ao turismo de aventura? As agências informam os visitantes que querem ir ao parque que a caverna é de turismo de aventura? Como é a formação dos guias que conduzem as pessoas nesta caverna? Em caso de acidente existe uma estrutura eficaz de resgate por parte do parque? E quem seriam os responsáveis civis e penais neste caso? Existe um livro de registro de todos os turistas que entram na caverna?

As respostas para estas perguntas, infelizmente são negativas e a reflexão que se pode realizar neste caso é que o PNT deveria investir em novas explorações para serem descobertas cavernas mais adequadas ao turismo convencional, onde estas seriam monitoradas com uma educação ambiental de alto nível efetuada a todos os visitantes do parque. Além disso, o SERNAP também deveria investir em material didático e ilustrativo (mapas, livros, vídeos, etc.) para fornecer informação adequada às pessoas assim como, bons equipamentos de luz (capacete e lâmpada elétrica) e de técnicas verticais (cordas, mosquetões, etc.) aos funcionários do parque.

A AKAKOR, em suas expedições, está contribuindo neste aspecto com a realização de cursos de formação aos guardas parque e guias de Torotoro assim como também tem efetuado a doação de equipamentos espeleológicos aos mesmos.

Conclusões

A Expedição Jurassic Cave 2009 foi concluída com grande sucesso. Foram exploradas 20 cavernas, das quais 15 mapeadas e estudadas. Foi realizado um curso de noções básicas de técnicas verticais e por último a AKAKOR participou do III Congresso Boliviano de Espeleologia.

Observando as cavernas estudadas pode-se concluir o seguinte:

- 1 As cavernas identificadas com a sigla PM foram formadas a partir de fraturas no maciço rochoso que penetram na rocha de alguns metros para depois passarem a um conduto semi horizontal que se afunila até não oferecer mais passagem a um ser humano. Trata-se de sumidouros que canalizam suas águas em um mesmo lençol freático, que por sua vez descarrega-se no vale do rio Caine, através de várias ressurgências.
- 2 Os grupos QL e JL são formados de cavernas que apresentam características similares àquelas do grupo PM. A única exceção é a caverna JL3 que é constituída de um conduto estreito e que depois se abre em dois salões para depois alcançarem condutos que se direcionam ao lençol freático diminuindo suas dimensões até o afunilamento total dos mesmos.
- 3 A caverna PK1 se apresenta como um grande salão de desmoronamento. Ela apresenta uma segunda entrada mais à jusante do rio interno que ao momento da exploração estava seco. Seguindo o seu conduto inicial a caverna se abre em 5 salões com presença de depósitos de pirita e vai dar em uma saída da outra parte da montanha.

O grupo AK é constituído de cavernas que apresentam suas entradas nas paredes dos cânions de Torotoro onde estão localizadas dentro da Formação "El Molino". São cavernas amplas, que seguem o acamamento dos calcários e muito decoradas de estalactites e estalagmites. É assim o caso de Humajalanta, porém, ainda não foi encontrada uma caverna que possa substituí-la a nível turístico. É evidente que o PNT – Parque Nacional de Torotoro apresenta um grande potencial espeleológico, mas é necessário investir em explorações e pesquisas para serem descobertas novas cavernas com desenvolvimento e características similares de Humajalanta.

A Associação Cultural Akakor Geographical Exploring espera que nos próximos anos possa continuar a colaborar para o desenvolvimento de áreas protegidas em toda a Bolívia como tem feito desde a primeira viagem de reconhecimento territorial em 1996.

Agradecimentos

Um agradecimento especial pela indispensável colaboração das Embaixadas do Brasil e da Itália na Bolívia, da Armada Boliviana, do SERNAP – Serviço Nacional de Áreas Protegidas da Bolívia, PNT - Parque Nacional de Torotoro, Prefeitura de Torotoro, SBE/SERI – Sociedade Brasileira de Espeleologia/ Seção de Relações Internacionais, SSI/CRI – Sociedade Espeológica Italiana/Seção de Relações Internacionais, SOBESP - Sociedade Boliviana de Espeleologia, ACT – Associação de Conservação de Totoroto, Museu de Ciências Biomédicas, Chieti, Itália, Universidade de Estudos G. D'Annunzio, Chieti, Itália, Associação dos Psicólogos do Abruzzo, Itália, Ordem dos psicólogos de emergência do Abruzzo, Itália, Noticiário de Espeleologia Scintilena – www.scintilena.com, Itália, AEROSUR, transportes aéreos, Bolívia, ENTEL, Telecomunicações, Bolívia, TESTO, instrumentos eletrônicos de precisão, Itália, MEDTRONIC e PHISIOCONTROL, equipamentos de medicina, Itália.

Participantes da expedição Jurassic Cave 2009

Soraya Ayub (Coordenadora geral da *Expedição Jurassic Cave 2009*; Akakor Geographical Exploring)

Alessandro Anghileri (Akakor Geographical Exploring)

Gianni Confente (Akakor Geographical Exploring e Gruppo Speleologico Montecchia - Verona)

Paolo Costa (Akakor Geographical Exploring e Gruppo Speleologico Montecchia - Verona)

Davide Schiavon (Akakor Geographical Exploring e Gruppo Amici della Montagna - Verona)

Franco Gherlizza (Akakor Geographical Exploring e Club Alpinistico Triestino)

Daniela Nicoletti (Gruppo Speleologico Montecchia - Verona)

Francesco Narciso (Gruppo CAI Vespertilio - Bari)

Daniele Berardi (Associazione Geonaturalistica GAIA - Pescara)

Maria Rosa Cerina (Gruppo Grotte Novara)

Oriana Loretta Broccolini (Associazione Psicologia dell'Emergenza - Abruzzo)

Hans Rocha Torres (Diretor do PNT – Parque Nacional de Torotoro)

Jorge Erik Teran Teran (Técnico do PNT – Parque Nacional de Torotoro)

Felix Mamani (Guarda parque do PNT – Parque Nacional de Torotoro)

José Perez (Guarda parque do PNT – Parque Nacional de Torotoro)

José Fernandez (Guarda parque do PNT – Parque Nacional de Torotoro)

Jubenal Choque (Guarda parque do PNT – Parque Nacional de Torotoro)

Julio Quispe (Guarda parque do PNT – Parque Nacional de Torotoro)

Mirtha Mamani (Guarda parque do PNT – Parque Nacional de Torotoro).

Referências

ACT - Asociación Conservacionista de Torotoro 1993. El Parque Nacional Torotoro, La Paz, *pub. ACT*, 81p.

AYUB S., EPIS L., ANGHILERI A. 1997. Akakor Geographical Exploring / Proyecto Expedición Humajalanta'98. Humajalanta, 1:28-29.

AYUB, S., EPIS, L., TRIACCHINI, W. 1997. Project of The Humajalanta'98 Expedition. *Technical report* of Akakor Geographical Exploring Onlus.

AYUB, S. 1998. Humajalanta'98 Expedition – Akakor Geographical Exploring. *Bol. Inf. SBE – Sociedade Brasileira de Espeleologia*, 1998, ano 13, n.75, p.16.

AYUB, S. e EPIS, L. 1999. Relazione preliminare della Spedizione Humajalanta'98. *Relazione tecnica* dell'associazione Akakor Geographical Exploring Onlus, 15p.

AYUB, S., EPIS, L., ANGHILERI, A. 1998. Humajalanta'98 Expedition – Akakor Geographical Exploring. *Bol. Inf. SBE – Sociedade Brasileira de Espeleologia*, 1998, ano 13, n.74, p.24-25.

- AYUB, S., EPIS, L., ANGHILERI, A. 1998. Humajalanta'98 Expedition – Akakor Geographical Exploring. Humajalanta - Bol. Inf. SOBESP – Sociedad Boliviana de Espeleología, 1998, n.1, p.28-29.
- AYUB, S., EPIS, L., STEFANO, M. 1999. Humajalanta'98 Expedition – Akakor Geographical Exploring. Bol. Inf. SBE – Sociedade Brasileira de Espeleologia, 1998, ano 14, n.77.
- CHABERT J. 1967. Les grottes de Torotoro (Bolívie). Grottes et Gouffres, 39: 25-27.
- DURAND J. P. 1968. Etude des poissons récoltés dans la grotte de Umajalanta (Bolívie) *Tricomys chaberti* sp. Annales de Spéléologie, 23(2), 243-253.
- ELLEMBERG, H. 1981. Mapa simplificado de Eco regiones de Bolivia. Instituto de Ecología - UMSA. La Paz, Bolivia.
- EPIS L. 1998. Spedizione Humajalanta98/ Progetto AKAKOR/ Akakor Geographical Exploring. Esplorazione Speleologica e Speleologia Subacquea sugli Altipiani Andini. In: XVIII Congresso Nazionale di Speleologia, Sezione VIII, . Atti...Chisa di Pesio, Italia, 1998, p.293-296.
- EPIS, L. e AYUB, S. 2001. Expedition Humajalanta'98. In: 13th International Congress of Speleology, Session 4, Brasília. Proceedings...Brasília, Brazil, 2001, v.2, p.100-103.
- ERASO, A., DOMINGUEZ, M. C., AYUB, S. 1999. Applicazione del metodo di rilevamento delle direzioni principali dei drenaggi sotterranei della regione di Torotoro, Bolivia. *Relazione tecnica* Akakor Geographical Exploring Onlus.
- ERASO, A., DOMINGUEZ, M. C., AYUB, S. 2001. Aplicación del método de predicción de las direcciones principales de drenaje subterráneo al karst de la región de Torotoro, Bolivia. In: 13th International Congress of Speleology, Session 1, Brasília. Proceedings...Brasília, Brazil, 2001, v.1, p.20-24.
- GUYOT J. L. 1988. Bolivie. Spelunca, 31: 8-9.
- GUYOT J. L. 1989. Chuflay 1988. Spelunca, 33:10-11.
- GUYOT J. L. e CLAVEL C. 1987. Spéléologie dans le département de Potosi (Bolívie). Spelunca, 28: 9-11.
- GUYOT J. L., BABY P., MARCANTONI O., 1989. Spéléologie dans les départements de Santa Cruz et de Potosi (Bolívie). Spelunca, 36: 7.
- GUYOT J. L., BABY P., KAISER C., MARCANTONI O., PERRET J. F. 1990. Les principales cavités du massif de Torotoro, Andes tropicales de Bolivie. Spelunca, 37: 13.
- MARCANTONI O., APOTEKER A., GUYOT J. L. 1988. Las últimas exploraciones espeleológicas en Bolivia. El potencial turístico de la región de Torotoro, 185-190. In Il Simposio de la Investigación Francesa en Bolivia. La Paz, Avril de 1988.
- GUYOT J. L., BABY P., MARCANTONI O. 1990. Spéléologie dans les départements de Cochabamba et de Potosi (Bolívie). Spelunca, 36: 7.
- GUYOT J. L., MARCANTONI O., BABY P. 1992. Cavernes boliviennes. Bulletin du Groupe Spéléologique Bagnois-Marcoule (France) 14:81-97.
- GUYOT, J. L. e MELO FILHO, L. S. 1997. Estudio de los recursos espeleológicos de la Reserva Nacional de Torotoro, R.N.T.
- SPC 1967. La grotte de Torotoro (Bolívie). Spelunca, 3:238.



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.sbe.com.br/espeleo-tema.asp

¹ Responsável pelos projetos técnicos e científicos - AKAKOR.

² Responsável de topografia e edição – AKAKOR. Presidente do Conselho de Guias de Espeleologia da região italiana Friuli Venezia Giulia. Presidente da Associação da região italiana Friuli Venezia Giulia de Cavidades artificiais ARCA

INVENTÁRIO DAS PAISAGENS CÁRSTICAS DO MUNICÍPIO DE PARIPIRANGA, BAHIA, BRASIL

KARSTIC LANDSCAPES INVENTORY OF THE CITY OF PARIPIRANGA, BAHIA, BRAZIL

Matusalém Silva Santana, Fernando Andrade Silva & Carlos Eduardo Silva

Instituto Socioambiental Árvore (www.arvore.org.br), Paripiranga-BA.

Contatos: matusalem@arvore.org.br; fernando@arvore.org.br; carlos@arvore.org.br.

Resumo

O artigo traz uma ampla abordagem acerca do carste do município de Paripiranga, Bahia, uma vez que o interesse pelo tema surge por meio das cavernas, onde se denotam curiosidades por parte da comunidade espeleológica, bem como da sociedade em geral, na contemplação de um mundo subterrâneo onde a natureza intocada mostra formações rochosas de rara beleza. O objetivo deste estudo é de inventariar o conjunto das paisagens cársticas existentes no município, abordando características voltadas para a integração dessas cavernas em cadastros bases. O desenvolvimento da pesquisa compõe-se de uma gama de particularidades e sustentações teóricas ligadas a pesquisas de campo. Evidenciam-se no trabalho, as ocorrências das paisagens cársticas, como grutas e abismos, localizados em quatro regiões do município, denominadas: Corredor Vermelho, Roça Nova, Chico Pereira e Apertado de Pedras. Tal levantamento será primordial para o real conhecimento do carste, já que poucas explorações sistemáticas foram realizadas na região. Conclui-se com este inventário que a falta de gestão do mosaico cárstico somado à falta de conhecimento sobre o assunto por parte do poder público e da sociedade, criam limites à visitação e às práticas conservacionistas.

Palavras-Chave: Inventário; Cavernas; Paisagens Cársticas; Espeleologia.

Abstract

The article presents a comprehensive approach on karst Paripiranga the city of Bahia, since interest in the topic arises through the caves, where they denote curious Speleological by the community and society at large, in contemplation of a underworld where unspoiled nature shows rock formations of rare beauty. The aim of this study is to inventory all the karst landscapes in the city, addressing features aimed at the integration of these caves entries bases. The development of the research consists of a range of features and supports theoretical research related to the field. Show up at work, occurrences of karst landscapes, such as caves and chasms, located in four regions of the municipality, called: Hallway Red, Roca Nova, Chico Pereira and Tight Stones. This survey will be crucial to the actual knowledge of the karst, since few systematic explorations were conducted in the region. It is this lack of inventory management mosaic karst addition to the lack of knowledge on the subject by the government and the society, create limits to visitors and conservation practices.

Keywords: Inventory; Caves; Karst Landscapes; Caving.

Eixo temático: Prospeção e mapeamento
Recebido em: 10.mar.2010

Aprovado em: 31.set.2010

1. Introdução

O Desde a antiguidade o homem buscou mecanismos de sobrevivência, entre eles as cavernas, usadas para descansar sem o risco

de ser atacado por outros grupos humanos e animais ou para guardar o produto extrativista da caça e da pesca. Segundo Lino (2001, p. 9), “desde os tempos remotos a humanidade é atraída pelos mistérios e belezas das

cavernas”. As cavernas são re-incidentes em muitas histórias ao longo das civilizações, sendo fascinante entender qual o significado que as cavernas têm para o homem do passado e o atual, buscando em nesse meio, suas origens e potencialidades futuras.

As cavernas são genericamente estudadas pela espeleologia, que é o campo do saber que estuda as cavidades subterrâneas e demais paisagens cársticas. O contexto espeleológico contempla a grande maioria de paisagens formadas por relevos cársticos. Entende-se por paisagens cársticas as formas de relevo com aparências distintas compreendidas em outras categorias de rochas, as quais abrangem: abismos, cânions, surgências, sumidouros, dolinas, torres, lápias e cavernas, entre outras. O Estado da Bahia é um dos territórios que contempla grande diversidade de paisagens cársticas, resultado de processos físico-químicos nas rochas, ou seja, a dissolução química de certos tipos de rochas pela água ácida das chuvas, que por sua vez surgiu às cavernas (LINO, 2001).

Complementa Chistofolleti *apud* Barreto et al.(2005, P. 168), que para:

O pleno desenvolvimento do modelado cárstico são necessárias condições climáticas, litológicas e topográficas, que dêem suporte à espeleogênese, tais como: Existência de grande espessura de rochas, que litologicamente compreendam acamamento, sejam maciças, puras, consolidadas e cristalinas, predominância do clima úmido, o qual favoreça uma densa vegetação e níveis consideráveis elevados de pluviosidade e, por fim, a topografia, onde o carste deve encontrar acima do nível do mar, com a finalidade de permitir a circulação das águas subterrâneas.

Na atualidade, as paisagens cársticas estão ameaçadas, devido ao conjunto de ações antrópicas que afetam o cenário as comunidades cavernícolas, a exemplo do desmatamento do entorno, da agricultura tradicional, mineração abusiva, como a extração de calcário para correção de acidez do solo e para construção civil, mármore, bem como o crescimento populacional da região de entorno das cavernas.

Ferreira; Martins (2001, p. 25) sustentam que:

Estudos detalhados em sistemas cavernícolas são essenciais para a adequada caracterização do ecossistema em que as cavernas se inserem e para a conservação de ambos. Além disso, as cavernas, como ecossistemas distintos e peculiares, devem ser preservadas independentemente do tipo de ecossistema no qual se situem.

Atualmente os estudos sobre cavernas são de grande complexidade, predominando o foco científico e de rigor lógico da exploração espeleológica, suas premissas, suposições e teses que resultam de uma sistematização multidisciplinar. O município de Paripiranga é uma área com grande concentração de cavernas, que dentre outras necessidades, precisa-se o desencadeamento de propostas de prevenção dos ambientes naturais denominados na pesquisa.

Para Lima (2008, p. 7), a inventariação é o primeiro passo para:

O desenvolvimento de uma estratégia de geoconservação, mostrando-se como ferramenta essencial para identificar, selecionar, e caracterizar os elementos representativos da geodiversidade dignos de proteção, uma vez que, é inviável proteger todos os elementos da geodiversidade do planeta.

Segundo Auler; Zogbi (2005, p. 15), “a preocupação com a preservação das cavernas e de seu entorno também tem merecido crescente atenção nos últimos anos”.

Este estudo teve como objetivo inventariar o conjunto das paisagens cársticas existentes no município de Paripiranga, Estado da Bahia, especificamente nas localidades Corredor Vermelho, Roça Nova, Chico Pereira e Apertado de Pedras. Pretende-se abordar as características mais relevantes, tomando por base os campos de informação das fichas de cadastro da Redespeleo Brasil e da Sociedade Brasileira de Espeleologia, fomentando futuros estudos de sustentabilidade do uso público, a promoção do saber e conseqüente sensibilização da comunidade local, com o intuito de que estes passem a conservar estes ícones do patrimônio histórico-cultural, potencializando as possibilidades de construção de sociedades sustentáveis.

2. Materiais e Métodos

2.1. Área de Estudo

A área de estudo se configura como o território do município de Paripiranga, Estado da Bahia, localizado na Zona Fisiográfica do Nordeste, com uma área de 436,6 Km², ficando totalmente incluída no Polígono da Seca, pertencendo ao Norte do Estado da Bahia, na micro-região do Agreste de Alagoinhas. Limita-se com os municípios de Adustina, Coronel João Sá e Fátima, na Bahia, e faz fronteira com o estado de Sergipe a leste e sul, nos municípios de Simão Dias, Poço verde e Pinhão. Distância da capital do Estado aproximadamente 364 Km (VIEIRA et al., 2005, p.2). A distancia até Aracaju é de aproximadamente 105 Km.

Paripiranga se localiza a 430 m de altitude e coordenadas geográficas 10°41'00" de latitude sul e 37°51'00" de longitude oeste (VIEIRA et al., 2005, p. 3). Cercada por várias montanhas e terrenos com uma infinidade de cavernas em sua totalidade, a região é cortada por dois rios, o Vaza-barris e o Real, com solos dos tipos cambissolo eutrófico, neossolo, luvisolo, podzóico vermelho amarelo equivalente eutrófico e planossolo solódico eutrófico amparam a vegetação nativa caracterizada por contato com a caatinga – floresta estacional e caatinga arbórea aberta sem palmeiras. Parte da vegetação foi substituída por pastos e culturas cíclicas (VIEIRA et al., 2005, p. 4).



Figura 01. Mapa de localização do município de Paripiranga – BA. Fonte: Embrapa Solos UEP Recife, 2006 adaptado pelos autores.

2.2. Coleta e Análise de Dados

A coleta de dados foi baseada em dados primários (entrevistas com populares, observação direta, e marcação geográfica com GPS) e secundários (bibliográfica e documental). Durante a coleta de dados primários buscou-se a familiarização com a

região e suas paisagens cársticas, ou seja, buscando uma relação de estudo das cavernas, sua base histórica, indícios de arqueologia, paleontologia, litologia, hidrologia etc. Na pesquisa bibliográfica buscaram-se informações de vários autores para formar a idéia do todo, atrelada à realidade do cotidiano

local, com base em comentários dos comunitários.

Com essas bases metodológicas pode-se pensar em meios de desenvolvimento de pesquisas e estudos em todas as cavernas encontradas no município de Paripiranga, visto que o desenvolvimento da pesquisa compõe-se de uma gama de particularidades e

sustentações teóricas ligadas a pesquisas de campo.

A marcação geográfica das paisagens cársticas na área de estudo foram complementadas com dados do CECAV/ICMBIO, da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), e da Redespeleo Brasil.

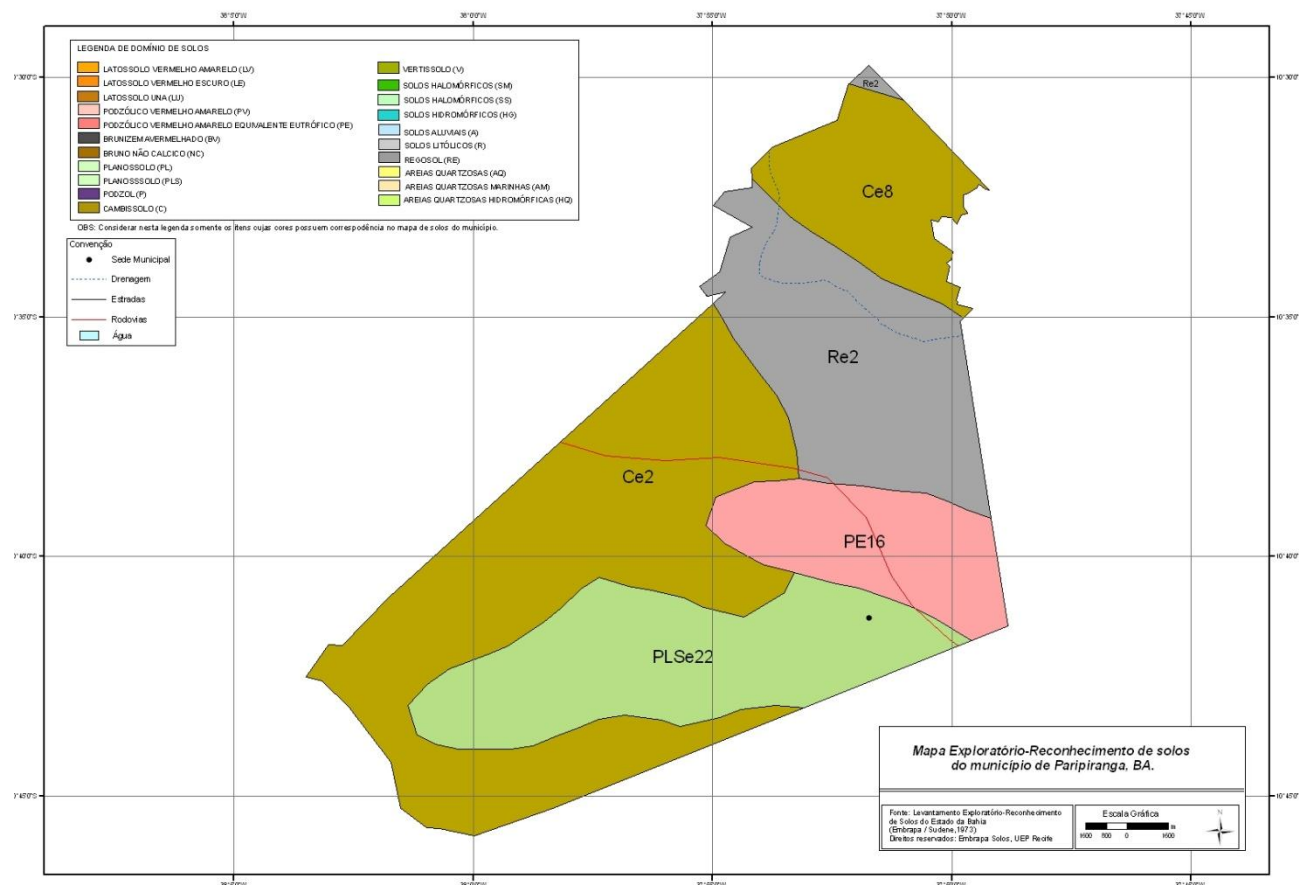


Figura 02. Mapa Exploratório-Reconhecimento de solos do município de Paripiranga – BA¹. Fonte: Embrapa Solos UEP Recife, 2006.

3. Revisão Teórica

3.1. Fundamentos de Espeleologia

Os registros mais antigos da incursão do homem primitivo nas cavernas datam da Era Terciária, cerca de 50 milhões de anos, ainda no curso primário da humanidade. Nesse período, a natureza iniciou a sua técnica seletiva, implacável e rigorosa, com início da Era Glacial, obrigando os hominídeos e animais sobreviventes do Pleistoceno Médio a buscarem abrigo seguro nas cavernas e demais formações rochosas, na constante luta pela supervivência, na conserva do alimento e a defesa contra os perigos e, particularmente contra o frio.

Verifica-se no tempo e no espaço que todas as informações sobre a vida do homem primitivo, seja ele, neolítico ou paleolítico, nas cavernas, podem ser comprovadas por meio dos vestígios arqueológicos e paleontológicos e das pinturas rupestres, denominando suas formas de evolução lentamente, transpondo a manifestação de inteligência e da razão.

Conforme Mello; Faria (2007, p. 14) “O ambiente cavernícola é fundamental para a compreensão da adaptação dos seres vivos ao longo da história, para o entendimento do caminho das águas e para a datação do passado geológico”.

Segundo Gonggrijp (*apud* LIMA, 2008, p. 60) “o conhecimento da história geológica é a primeira necessidade para uma aproximação sistemática da identificação dos elementos de interesse geológico”.

Seguindo a linha do tempo, pode-se perceber que as cavernas contribuíram para a formação dos primeiros assentamentos humanos, em meio a uma coletividade, como constituição de grandes civilizações, a exemplo dos Incas e dos Astecas, que mantinham uma afinidade típica com as cavernas, porém tais lugares podem ser utilizados como locais para a prática de rituais e devoção, em diversas culturas (TRAVASSOS et al. 2008, p. 108).

Como ciência, a espeleologia sempre se envolveu com a questão do estudo das cavidades subterrâneas. Os primeiros aspectos dessa atividade no Brasil datam do Período Colonial, em meados do século XVII, por naturalistas estrangeiros. A partir desse período o homem passou a interagir com o meio físico paisagístico, uns em busca de explicações conscientes sobre a real história da humanidade e outros com a finalidade de explorar o salitre, para a fabricação de pólvora e conservação de carnes, levando muitas cavernas à destruição.

As ações voluntárias do homem sobre o mundo subterrâneo começaram no Século XIX, com o dinamarquês Peter Lund na região de Lagoa Santa, Minas Gerais, e Richard Krone, no Vale do Ribeira, Estado de São Paulo, onde identificaram e descreveram inúmeras cavernas e, algumas regiões cársticas, onde essa relação se estende até os dias atuais.

Desde os duros tempos primitivos até a nossa atualidade, compete um breve panorama de toda a escala espeleológica que traduz de forma ampla, a atividade de espeleologia, que vai de simples curiosidade à complexidade dos estudos científicos. Diversos autores afirmam que a expressão espeleologia, provém do grego spelaion, que significa caverna, e logos, estudo, classifica-se espeleologia como sendo a ciência que tem ligações diretas com a exploração, observação, compreensão, procura e interpretação das cavidades subterrâneas, levando-se em conta os seus diferentes aspectos, conceitos e métodos utilizados por essa “nova” ciência, de tal modo promovendo o uso racional destas.

Mello; Faria (2007, p. 13), afirmam que:

A propósito de tais ciências, cumpre esclarecer que a arqueologia volta-se para o estudo da vida e cultura dos povos antigos, por meio da análise dos objetos encontrados nas escavações, e a paleontologia preocupa-se com o estudo de fósseis de animais já extintos ou de vegetais antigos. Ambas são umbilicalmente ligadas à espeleologia, pois o material de estudo e pesquisa existente no âmago das cavernas, além de raro e riquíssimo, está ainda por ser descoberto e explorado.

Com base em tal afirmação é visto que a espeleologia não se trata de uma ciência isolada, mas se mantém ligada a várias ciências, como: antropologia, turismo, química, geografia, arqueologia, paleontologia, biologia, geologia, ecologia, ciências ambientais, entre outras. Sendo assim, nítidas características definem a interação com o ambiente cavernícola, trazendo diversos motivos para o uso das cavernas de forma apropriada, protegendo o frágil ecossistema que nelas incluem.

É relevante a imponência do patrimônio espeleológico de nosso país. Existem atualmente no Brasil 5091 cavernas cadastradas, segundo dados do Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC), consultado em 2010. Conforme Lima (2008, p. 54), o território brasileiro conta com uma área territorial de 8.514.876 Km², representando um elevado patrimônio geológico, segundo Lobo et al., (2007, p. 5), foram descritas diversas províncias espeleológicas, onde incluíram diversas áreas cársticas, sendo que é necessário que sejam feitas novas classificações que perfazem a diversidade de elementos presentes e dotadas de atributos cênicos. Cavernas, abismos, grutas, furnas, lapas, grunas, buracos e tocas, são determinados pela resolução CONAMA 347/2004, em seu artigo 2º, parágrafo I, como:

todo e qualquer espaço subterrâneo penetrável pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecida como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, fuma e buraco, incluindo seu ambiente, seu conteúdo mineral e hídrico, as comunidades bióticas ali encontradas e o corpo rochoso onde as mesmas se inserem,

desde que a sua formação tenha sido por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou do tipo de rocha encaixante.

Os nomes dados ao termo “caverna” dependem de cada região, não possuindo base científica, portanto sendo literalmente classificados de forma popular. A diferenciação que habitualmente se faz é exclusivamente entre as cavidades naturais com preponderância de desenvolvimento horizontal (caverna, gruta, lapa, gruna, buraco) ou vertical (abismo, furna, buraco) (LOBO, 2006, p. 49).

No entanto, a visitação em cavernas é a mais comum forma de contato com o interior da terra, onde podemos notar as belezas naturais, além da formação de espeleotemas, entre eles, as estalactites, que se formam a partir do teto; e as estalagmites, que crescem do chão em direção às estalactites. Outro fator é o confinamento espacial, ausência de luz, e a vida existente dentro das cavernas. Interpretar a origem da espeleologia é algo significativo para entender as mudanças advindas da humanidade e dos processos físico-geológicos, das forças seletivas da natureza e do mundo mítico e espiritual que sucedem o patrimônio espeleológico. O termo patrimônio espeleológico faz parte da resolução CONAMA 347/2004, definida no inciso III do artigo 2º, como “o conjunto de elementos bióticos e abióticos, socioeconômicos e histórico-culturais, subterrâneos ou superficiais, representados pelas cavidades naturais subterrâneas ou a estas associadas” (CONAMA, 2004, s.p.).

Conforme Figueiredo, 1998 e Travassos et. al., 2007 (*apud* LOBO et al., 2008, p. 65)

O confinamento espacial e ambiental apresentado, marcado pelo confinamento, pela escuridão, por organismos por vezes despigmentados e cegos, por um contexto paisagístico ímpar e adverso – sob a ótica antropocêntrica – gera ao mesmo tempo, repulsa e atratividade no ser humano.

A percepção da paisagem é derivada a partir do entendimento do indivíduo em manter uma melhor compreensão do valor da conservação da natureza cárstica, construindo assim uma relação sociedade x natureza mantendo particularidades ao visitar umas

cavernas, tendo a sensação da descoberta e de aventura em um local de rara beleza.

Lino (2001, p. 257) assegura que:

[...] a existência de cavernas turísticas é normalmente um importante meio de se divulgar a espeleologia e garantir a preservação do patrimônio espeleológico como um todo. Além disso, esses atrativos podem representar recursos de importância econômica para a região e até mesmo um incentivo à implantação efetiva de parques e outras unidades de preservação em áreas de cavernas.

Deste modo, pode-se observar que as vivências na natureza subterrânea são exemplos de atividade significativas e inesquecíveis, ao apreciar as paisagens cársticas, as pessoas se deparam com diversas situações, como medo, fascinação, limites e obstáculos de onde nunca imaginariam em presenciá-los, lugares em que espírito de equipe é fundamental para atividades em cavernas, atentando para uma conjuntura que propicie um sentido voltado à preservação destes ambientes para que outras pessoas possam sentir os mesmos sentimentos que os visitantes apreciaram.

Portanto, para que isso aconteça é preciso que o indivíduo tenha uma postura voltada à educação ambiental buscando assim uma percepção transformadora. Para Neiman; Rabinovici (2002, p.136):

[...] ao aprofundar essa reflexão sobre a construção da paisagem, do relacionamento entre ela e os seres humanos, pode-se buscar tanto uma aproximação de um possível futuro conservacionista, quanto o distanciamento de um histórico de destruições que manteve vivos mitos e lembranças que fizeram com que a preocupação na manutenção das diversas paisagens continuasse a existir.

Segundo Soulé (1997) *apud* Hanai; Silva Netto (2005, p. 6) “o comportamento das pessoas diante das cavernas e da natureza varia constantemente, e as respostas de suas experiências com o mundo natural são tão diversas quanto suas personalidades”. No entanto, à arte de contemplar a natureza, aufere nas relações de complexidade humana com a natureza, ou seja, lugares e pessoas.

Com o encontro cultural e natural, é de suma importância que seja realizadas delimitações acerca dos domínios subterrâneos, para que estes não tornem objetos de mercado e de consumo, no mais o essencial é que estes ambientes proporcionem uma experiência de vida única e inesquecível, e que estes mundos se encontrem totalmente preservados, para que outras pessoas possam sentir as mesmas sensações de bem estar, construída na relação com o mundo natural, social, econômico e cultural.

4. Resultados e Discussões

O levantamento dos dados do inventário turístico teve como escala de análise principal o município de Paripiranga. No desenrolar da pesquisa em campo procuraram-se buscar o máximo de informações sobre a região de entorno do carste, aspectos históricos, geográficos e culturais.

4.1. Caracterização Geológica do Município de Paripiranga

Dados do Serviço Geológico do Brasil (Vieira et al., 2005, p. 4), caracterizam a geologia do município como uma das mais impressionantes do território baiano (Figura 03), composta por rochas Neoproterozóicas da faixa de desdobramentos sergipana, metacalcários, metadolomitos, intercalações de metapelitos e níveis subordinados de *metacherts* da formação Jacoca (grupo Miaba); metarenitos, metagrauvacas, filitos siltosos, filitos seixosos e quartzitos (grupos Simão Dias e Miaba Indivisos); filitos, metarenitos, metarritmitos e metagrauvacas, da formação Frei Paulo (grupo Simão Dias); metadiamicititos de matriz grauáquica, filitos, em parte seixoso e lentes de quartzito (formação Palestina), e mármore, metarritmitos, metapelitos, em parte calcíferos, e *metacherts* subordinados da formação Olhos D'Água (grupo Vaza-Barris).

A partir do vasto conjunto de informações sobre a geologia e o meio físico do município de Paripiranga, denota-se que o domínio hidrogeológico carbonatos/metacarbonatos ocupa cerca de 60% do território municipal, do qual se insere o sistema aquífero (Figura 04). Dando procedência a terrenos de rochas calcárias, calcárias magnesianas e dolomíticas, através

das águas que descem por entre as fissuras ou camadas sobrepostas de rocha, que é a base decisiva para a formação de cavernas, dolinas, sumidouros e demais aspectos erosivos característicos desses tipos de rochas (Vieira et al., 2005, p. 6).

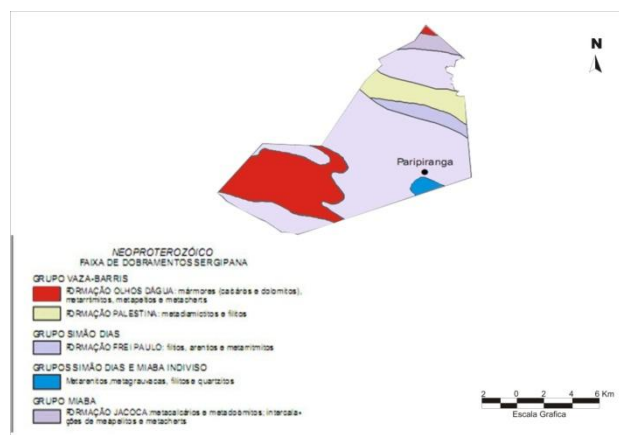


Figura 03. Distribuição das rochas neoproterozóicas. Fonte: Adaptado do Serviço Geológico do Brasil (Vieira et al., 2005).

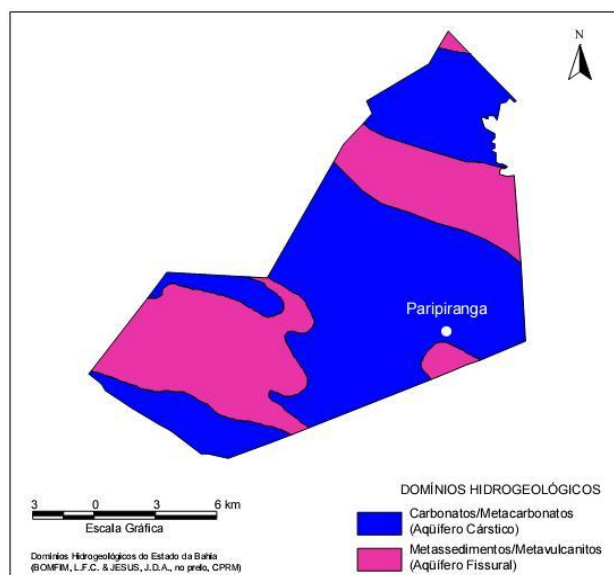


Figura 04. Domínios hidrogeológicos. Fonte: Adaptado do Serviço Geológico do Brasil (Vieira et al., 2005).

4.2. As Paisagens Cársticas em Paripiranga

O Estado da Bahia compreende 539 cavernas cadastradas no Cadastro Nacional de Cavidades – CNC, da SBE (Sociedade Brasileira de Espeleologia) e no CODEX, cadastro da Redespeleo Brasil. Estão cadastradas no CODEX, pelos Grupos Bambuí e GPME (Grupo Pierre Martin de Espeleologia), apenas 08 cavernas localizadas em Paripiranga (Tabela 01). Com bases em

estudos de campo e investigação, foi notado que o potencial espeleológico de Paripiranga está muito além do que foi cadastrado até o presente na Redespeleo Brasil. Estima-se que existam muitos mais cavernas em todo o município de Paripiranga, pois o número total ainda é incerto.

A partir dos dados levantados das cavidades naturais analisadas, notou-se que deve-se ser criado proposta para qualificação e cadastramentos nas três bases de dados existentes gerenciadas pelas entidades: CECAV/IBAMA, Sociedade Brasileira de Espeologia (SBE) e REDESPELEO BRASIL.

Tabela 01. Cavernas cadastradas na Redespeleo Brasil.

NOME	LOCALIDADE	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)
Abismo da Ponte	Corredor Vermelho	S 10° 38' 25.42"	W 37° 52' 04.65"	416
Abismo do Pé do Morro	Corredor Vermelho	S 10° 38' 24.21"	W 37° 52' 29.86"	425
Buraco do Meio do Morro do Parafuso	Corredor Vermelho	S 10° 38' 25.42"	W 37° 52' 06.10"	416
Furna da Pedreira	Apertado de Pedra	S 10° 40' 06.60"	W 37° 48' 47.50"	348
Furna de Cazuza	Roça Nova	S 10° 38' 53.40"	W 37° 55' 25.36"	546
Furna do Fim do Morro	Corredor Vermelho	S 10° 38' 25.80"	W 37° 52' 02.48"	434
Furna do Pau Ferro	Corredor Vermelho	S 10° 41' 13.80"	W 37° 48' 36.90"	420
Gruta do Bom Pastor	Roça Nova	S 10° 39' 05.13"	W 37° 55' 25.91"	550

Fonte: Redespeleo Brasil (2009)².

Estudos realizados pelo CECAV/ICMBIO³ mostram que a região de Paripiranga tem um potencial de 90% a 100% de ocorrência de cavernas, baseados em estudos de litologia do Estado da Bahia (Figura 05).

As cavidades naturais possuem de uma forma ampla características muito admiráveis no que tange seu ecossistema. Tendo como base o caso em tese, a pesquisa apresenta os resultados das análises observadas e inventariadas das cavernas do município de Paripiranga, no qual resultou a Tabela 03 e 04, que contém a identificação e localização de cada cavidade subterrânea do município.

Ao longo das expedições realizadas foram notadas as características ambientais e sócio-culturais presentes em toda região das cavidades cársticas, a partir dessas observações, notou-se o potencial do trabalho frente aos conteúdos valorativos. Sabe-se que essa região foi cenário de diversas histórias do cangaço, é possível que as cavernas tenham sido habitadas e utilizadas no decorrer das fugas, por cangaceiros e foragidos daquela época.

Nesta fase, houve orientações acerca do patrimônio espeleológico que havia nas

comunidades, sendo fundamental na oportunidade de sensibilizar o público em geral da importância deste patrimônio, uma vez que alguns aspectos foram constatados durante as visitas. Os moradores usavam as cavernas como depósitos de lixo, e em outra ocasião, uma caverna foi totalmente preenchida por lixo, supostamente advindo da área urbana do município, segundo relatos sob responsabilidade da prefeitura.

Para Neiman; Rabinovici (2008, p. 59), “a hipótese que se acredita verdadeira era a de que o despertar para a consciência ambiental se daria através dos conhecimentos sobre a dinâmica de funcionamento dos ecossistemas e a compreensão dos problemas ambientais que ele enfrentava”.

Além da perspectiva cultural da existência de cavernas, foi possível mapear geograficamente algumas delas. A pesquisa resultou na identificação e mapeamento geográfico de 13 paisagens cársticas localizadas nos povoados Corredor Vermelho, Roça Nova e Chico Pereira (Tabela 2). Além dessas localidades, foram identificadas, porém não mapeadas, outras paisagens no Apertado das Pedras (Figura 06).

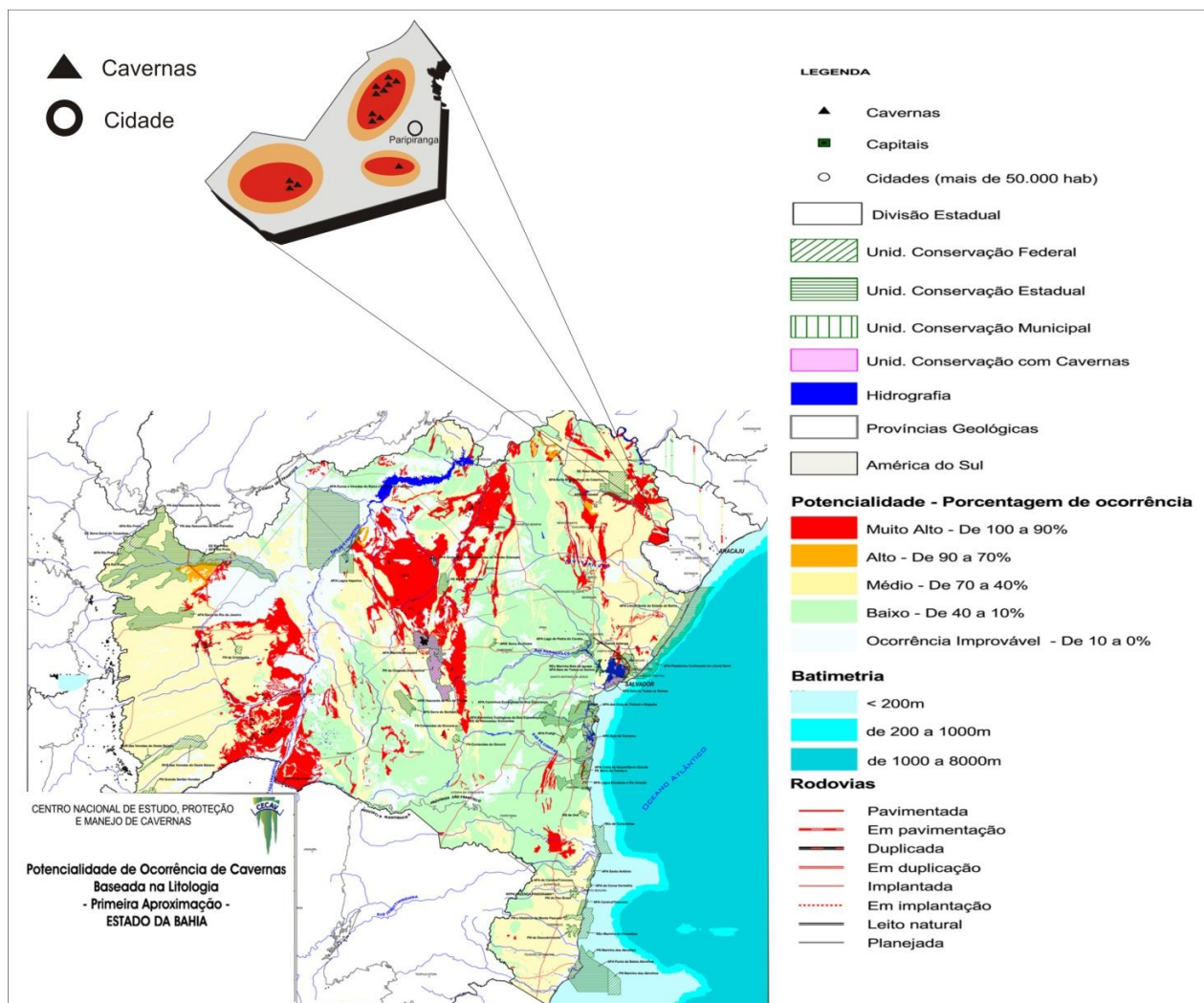


Figura 05. Mapa de potencialidades de ocorrência de cavernas baseada na litologia: segunda aproximação. Estado da Bahia. Fonte: MMA (2008) adaptado pelos autores.

Tabela 02. Descrição e Localização Geográfica das Paisagens Cársticas de Paripiranga

NOME	LOCALIDADE	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)	EAST UTM	NORTH UTM	CADASTRO CODEX/CNC
Abismo da Ponte	Corredor Vermelho	S 10° 38' 27.0"	Ho 37° 52' 05.7"	387	0623800 E	8823508 N	CODEX
Abismo do Pé do Morro	Corredor Vermelho	S 10° 38' 25.4"	Ho 37° 52' 11.3"	403	0623620 E	8823552 N	CODEX
Buraco do Meio do Morro do Parafuso	Corredor Vermelho	S 10° 39' 26.8"	Ho 37° 52' 09.7"	399	0623667 E	8823518 N	CODEX
Cratera de Cicilo	Roça Nova	S 10° 39' 27.8"	Ho 37° 54' 42.3"	552	0619027 E	8821654 N	Sem cadastro
Furna do Cazuza (Furna do João Pedro)	Roça Nova	S 10° 38' 55.4"	Ho 37° 55' 26.9"	539	0617652 E	8822700 N	CODEX/CNC
Furna do Fim do Morro do Parafuso	Corredor Vermelho	10° 38' 25.1"	Ho 37° 52' 03.1"	390	0623876 E	8823546 N	CODEX
Furna sem nome (Coberta por moradores no fundo da casa)	Roça Nova	S 10° 39' 08.6"	Ho 37° 55' 28.8"	542	0617609 E	8822270 N	Sem cadastro
Furna sem nome (Lixo dos moradores: Abismo da Bezerra)	Corredor Vermelho	S 10° 38' 42.4"	Ho 37° 52' 15.3"	407	0623500 E	8823046 N	Sem cadastro

Gruta da Veia Teca	Chico Pereira	S 10° 39' 47.2"	Ho 37° 53' 49.1"	517	0620653 E	8821062 N	Sem cadastro
Gruta do Bom Pastor	Roça Nova	S 10° 39' 06.8"	Ho 37° 55' 26.8"	539	0617677 E	8822308 N	CODEX/CNC
Gruta do Teiu	Corredor Vermelho	S 10° 38' 26.9"	Ho 37° 52' 07.1"	393	0623747 E	8823510 N	Sem cadastro
Gruta sem nome (no terreno de Zé Bispo)	Chico Pereira	S 10° 39' 48.5"	Ho 37° 53' 44.4"	497	0620798 E	8821014 N	Sem cadastro
Gruta sem nome (no terreno de Zé Profeta)	Chico Pereira	S 10° 39' 56.2"	Ho 37° 53' 39.5"	530	0620925 E	8820790 N	Sem cadastro

Fonte: Autores⁴

Portanto, das 13 cavernas identificadas apenas 6 cavernas estão cadastradas no CODEX, e das seis, duas se encontram cadastradas também no CNC, conforme é visto na tabela.

As viagens tinham um foco centrado na transmissão dos conteúdos no, mas buscou-se um diálogo ao final das atividades com todos os moradores, sobre a importância do intenso contato com a natureza, principalmente das cavernas, de modo a manter e criar nas pessoas novas formas de conviver e interagir com a realidade analisada e sentida, construir e reconstruir novas percepções reproduzindo assim uma visão geral do espaço, entre outras compreensões, produzindo informações e conhecimentos acerca do carste encontrado nas regiões que habitam.



Figura 06. Localização geográfica das paisagens identificadas na pesquisa. Fonte: Google Earth (2009) adaptado pelos autores.

Tabela 03. Inventário das Paisagens Cársticas de Paripiranga

NOME	TIPOLOGIA	LITOLOGIA	PALEONTOLOGIA	ARQUEOLOGIA
Abismo da Ponte	Abismo	Calcário	Não Observado	Não Observado
Abismo do Pé do Morro	Abismo	Calcário	Não Observado	Não Observado
Buraco do Meio do Morro do Parafuso	Gruta	Calcário	Não Observado	Não Observado
Cratera de Cicilo	Cratera	Calcário	Não Observado	Não Observado
Furna do Cazuza (Furna do João Pedro)	Abismo	Calcário	Fosséis da megafauna: tipo preguiça gigante	Não Observado
Furna do Fim do Morro do Parafuso	Gruta	Calcário	Não Observado	Não Observado
Furna sem nome (Coberta por moradores no fundo da casa)	Não Identificado	Não Observado	Não Observado	Não Observado
Furna sem nome (Lixo dos moradores: Abismo da Bezerra)	Abismo	Calcário	Não Observado	Não Observado
Gruta da Veia Teca	Gruta	Calcário	Não Observado	Não Observado
Gruta do Bom Pastor	Gruta	Calcário	Sim	Não Observado
Gruta do Teiu	Gruta	Calcário	Não Observado	Não Observado
Gruta sem nome (no terreno de Zé Bispo)	Abismo	Calcário	Não Observado	Não Observado
Gruta sem nome (no terreno de Zé Profeta)	Gruta	Calcário	Não Observado	Não Observado

Tabela 04. Inventário das Paisagens Cársticas de Paripiranga

NOME	EM ÁREA DE	CONDUTOS GALERIA	BIOESPELEOLOGIA	OBSERVAÇÕES ESPECÍFICAS
Abismo da Ponte	Montanha	Não Observado	Morcegos; Muitas abelhas na entrada (encravado nas pedras).	Abismo com uma entrada muito bonita, com uma ponte de pedra entre sua entrada, com alguma vegetação.

Abismo do Pé do Morro	Montanha	Não Observado	Não Observado	Entrada parcialmente encoberta por vegetação, localizada no alto da montanha, com poço de entrada com aproximadamente 30 metros de profundidade.
Buraco do Meio do Morro do Parafuso	Montanha	Não Observado	Não Observado	Entrada difícil e pequena, tipo um túnel, provavelmente fundo.
Cratera de Cicilo	Plantio/Pastagem	Não Observado	Não Observado	Um abismo tipo cratera, onde acredita-se ter ocorrido desmoronamento no passado, pois não há entrada, só blocos de pedra.
Furna do Cazuza (Furna do João Pedro)	Plantio/Pastagem	Não Observado	Na entrada existe abelhas e mariposas	Abismo localizado próximo da Gruta do Bom Pastor, dentro do terreno de João Pedro. Entorno está preservado e cercado.
Furna do Fim do Morro do Parafuso	Montanha	3	Não Observado	Caverna no entorno da montanha, muita fria devido as passagens do vento nas pedras, alguns indícios de vandalismo (paredes riscadas, latas, pilhas) alguns condutos não observado. Possui 2 entradas de fácil acesso, com algumas abelhas em uma das entradas.
Furna sem nome (Coberta por moradores no fundo da casa)	Residência s Rurais	Não Observado	Não Observado	Próximo à Gruta do Bom Pastor; Foi coberta pelos moradores, e cercada por Mancambira.
Furna sem nome (Lixo dos moradores: Abismo da Bezerra)	Residência s Rurais	Não Observado	Não Observado	Esse abismo fica entre duas casas, na beira da estrada, com muito lixo jogado pelos moradores. Todo o entorno da boca fica cercado por Macambira, no intuito de evitar aproximação de animais.
Gruta da Veia Teca	Plantio/Pastagem	Não Observado	Não Observado	Até chegar tem características de abismo, com arbustos e algumas abelhas. Apresenta lixo depositado por moradores do entorno.
Gruta do Bom Pastor	Residência s Rurais	3	Não Observado	Gruta utilizada para fins religiosos de romaria; O 1º salão encontra-se depredado, espeleotemas saqueados e paredes riscadas; O acesso à gruta e ao 1º salão se dá por escadaria de concreto; Acesso aos 2º e 3º salões dificultado por decidas íngremes; sem mata ciliar, apenas alguns exemplares de Ficus bejamina (exótica).
Gruta do Teiu	Montanha	1	Não Observado	Um pequeno salão com espeleotemas totalmente depredados; Existem indícios de passagem para outro lugar, mas parece que desmoronou, possivelmente por ação humana; 15 metros após entrada existe um desmoronamento no chão, indícios de entrada para a Gruta do Teiú.
Gruta sem nome (no terreno de Zé Bispo)	Plantio/Pastagem	Não Observado	Abelhas	Abismo com algumas Bananeiras e outros arbustos no entorno. Muito parecido com a Gruta da Veia Teca, que fica no terreno vizinho.
Gruta sem nome (no terreno de Zé Profeta)	Plantio/Pastagem	Não Observado	Não Observado	A entrada é parcialmente visível, provavelmente está entupida, sem mata ciliar.

Fonte: Autores

5. Considerações Finais

O estudo realizado sobre as cavernas do município de Paripiranga servirá para que toda comunidade espeleológica tenha conhecimento das paisagens cársticas da região, e que os dados aqui apresentados sejam usados para futuros estudos de sustentabilidade do uso público. A aposta metodológica deste estudo foi poder alimentar esta investigação e poder noticiar, por meio de diversos canais de comunicação, entre eles, as revistas científicas, demonstrando o grande valor das cavernas para as comunidades e para o poder público. Porém, a região possui um potencial espeleológico contemplado em 13 cavernas. No entanto, sabemos que essas informações ainda não refletem o universo de cavernas conhecidas no

município de Paripiranga, mas que poderão ser observado no decorrer das próximas pesquisas.

Pela importância das características geofísicas que o município possui é interessante que sejam realizado monitoramentos, por parte do grupo espeleológico que se encontra no município, transmitindo informações para a base de dados do CECAV/ IBAMA e para a Sociedade Brasileira de Espeleologia, acerca da realidade das cavernas que existem em Paripiranga, Bahia. Contudo, fica mantida a obrigação de proteção do patrimônio espeleológico, integrando ações sustentáveis com a finalidade de constituir na sociedade local, posturas éticas e conservacionistas acerca do meio ambiente, uma vez que o seu grau de participação nos sistema cavernícola é um indicador fundamental, pois é importante a presença do

morador local na conscientização e conservação não somente das cavernas e demais belezas geográficas, como do meio ambiente como um todo. Pois, Em tempos de extrema consciência ambiental é quase impossível não se preocupar em agir visando o melhor para nosso planeta.

Por meio das pesquisas foi notório pensar na criação de um museu de história natural, para mostrar todos os resultados obtidos, como os fósseis da megafauna encontrados em algumas cavernas. Isso demonstra o grande valor científico cultural e turístico do município.

Sobre o estudo realizado, não se pode dizer que se trata de um assunto acabado, no mais é visto que o trabalho começará de fato a partir da concepção que teremos a respeito do aprendizado espeleológico sobre manter e zelar essa imensa diversidade de cavidades naturais subterrâneas, comportando-se como um potencializador da educação ambiental.

Analisando com um olhar crítico, este é um trabalho inacabado que evolui em futuras abordagens, não se precipitando com o tempo e nem com outras variáveis, pois o importante é dar o primeiro passo, e construir a base de sustentação conservacionista de toda a diversidade natural que nos cerca e da qual nossa sobrevivência depende intimamente, a fim de garantir um futuro harmonioso com a natureza.

Referências

- AULER, A.; ZOGBI, L. **Espeleologia**: noções básicas. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2005. 01 p.
- BARRETO, E. A. S.; ALMEIDA, E. A. B.; RODRIGUES, V. P. A.; ARAUJO, W. V.; SILVA, E. J.; MELLO, L. H. C.. Levantamento espeleológico do estado de Sergipe: diagnostico preliminar do município de Laranjeiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 28., Campinas, 2005. **Anais**. Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia, p.168-174, 2005.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 347/2004**. Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico. Brasília: CONAMA, 2004. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res04/res34704.xml>. Acesso em 20 de março de 2009.
- EMBRAPA SOLOS. **Solos do nordeste**: levantamentos de solos do nordeste brasileiro. UEP Recife, 2006. Disponível em: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.html>. acesso em 29 julho de 2010.
- HANAI, F. Y.; SILVA NETTO, J. P.. Percepção e conscientização ambientais: alternativas para a preservação das cavidades naturais do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR). In: Simpósio Nacional sobre Geografia, Percepção e Cognição do Meio Ambiente, 2005, Londrina. **Anais**. SINPEC, 2005. p.01-18.
- LIMA, F. F.. **Proposta metodológica para a inventariação do patrimônio geológico brasileiro**. 2008. Dissertação (mestrado em Patrimônio Geológico e Geoconservação) – Universidade do Minho, Braga, Portugal.
- LINO, C. F. **Cavernas**: o fascinante Brasil subterrâneo. 2 ed. São Paulo: Gaia, 2001.
- LOBO, H. A. S.. **O lado escuro do paraíso**: espeleoturismo na Serra da Bodoquena. 2006. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana.
- LOBO, H. A. S.; PERINOTTO, J. A. J.; BOGGIANI, P.C. **Espeleoturismo no Brasil**: panorama geral e perspectivas de sustentabilidade. Revista Brasileira de Ecoturismo, São Paulo, v.1, n.1, 2008, pp.65-83.
- LOBO, H. A. S.; VERÍSSIMO, C. U. V.; FILHO, W. S.; FIGUEIREDO, L. A. V.; RASTEIRO, M. A.. Potencial geoturístico da paisagem cárstica. **Revista Global Tourism**, Ourinhos, v.3, n.2, 2007, p. 2-101.
- MELLO, A. I. G; FARIA, M. F.. **Meio ambiente cultural e espeleologia**: O estudo das cavidades naturais brasileiras. Disponível em: http://www.mp.sp.gov.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/biblioteca_virtual/bv_teses_congressos/Espeleologia.htm. Acesso em (08 de outubro de 2009).
- MMA. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas. **Mapa de potencialidades de ocorrência de cavernas baseada na litologia**: segunda aproximação: Estado da Bahia. Brasília: CECAV, 2008.

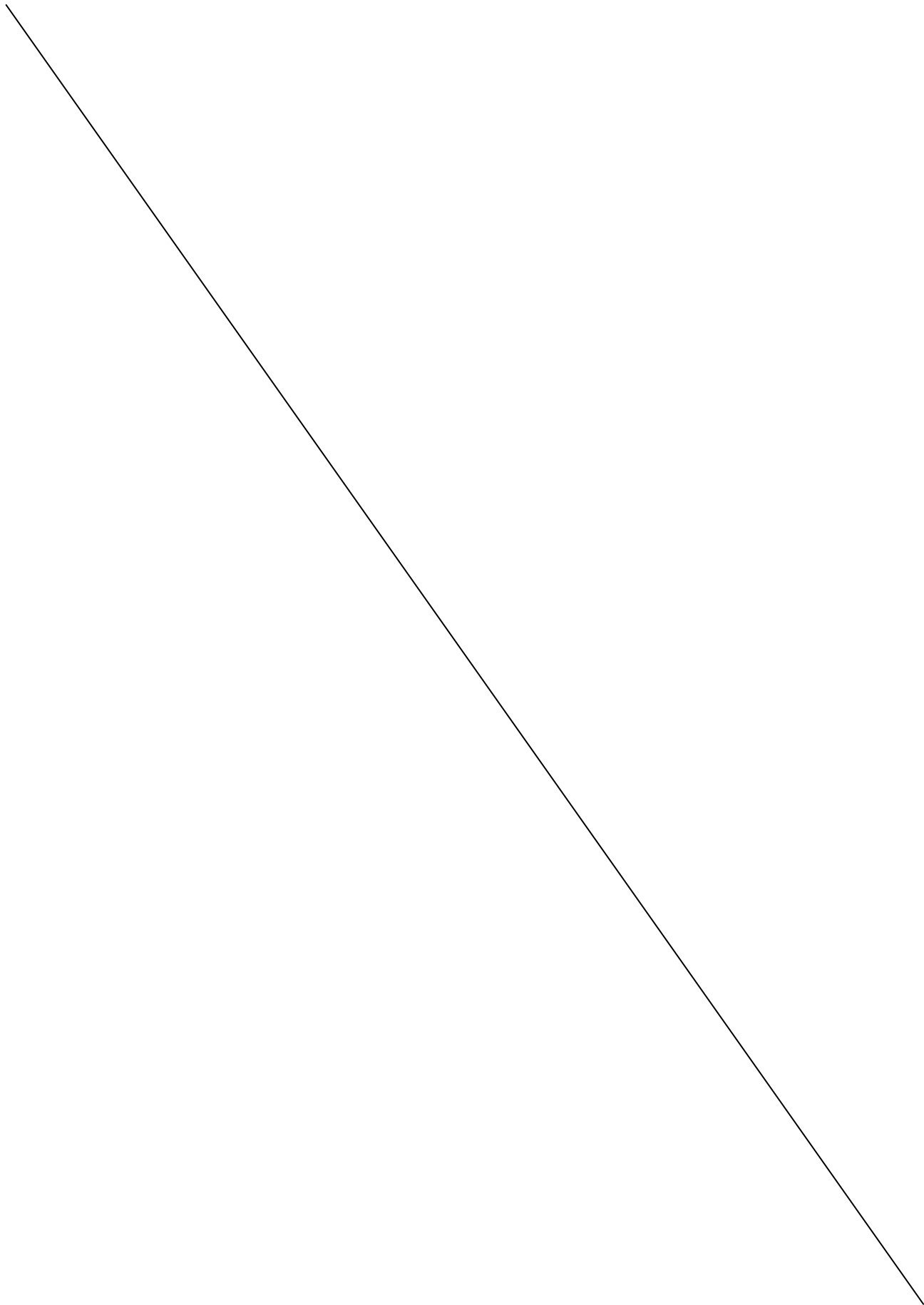
- NEIMAN, Z.; RABINOVICI, A.. O cerrado como instrumento para educação ambiental em atividades de ecoturismo. In: NEIMAN, Z.. **Meio Ambiente, educação e ecoturismo**. Barueri: Manole, 2002.
- NEIMAN, Z.; RABINOVICI, A.. Espeleoturismo e educação ambiental no PETAR, SP. **Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas**. Campinas, v.1, n.1, p. 57-64, 2008.
- REDESPELEO BRASIL. **CODEX**. Disponível em <http://www.redespeleo.org>. Acesso em 15 mar 2009.
- TRAVASSOS, L. E. P.; GUIMARÃES, R. L.; VARELA, I. D.. áreas cársticas, cavernas e a estrada real. **Pesquisa em turismo e paisagens cársticas**. Campinas, v.1, n.2, p.107-120, 2008.
- VIEIRA, A. T.; MELO, F.; LOPES, H. B. V.; CAMPOS, J. C. V.; GUIMARÃES, J. T.; COSTA, J. M.; BOMFIM, L. F. C.; COUTO, P. A. A.; BENVENUTI, S. M. P.. **Cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**: diagnóstico do município de Paripiranga, Bahia. Salvador: CPRM/PRODEEM, 2005. 1-8 p.



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.sbe.com.br/espeleo-tema.asp

- ¹ Maior localização de terrenos cársticos na área PE16 da Figura 01.
- ² Todas as paisagens identificadas estão localizadas em Paripiranga, Estado da Bahia. Dados genéricos de coleta geográfica: DATUM – SAD 69.
- ³ Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.
- ⁴ Todas as paisagens identificadas estão localizadas em Paripiranga, Estado da Bahia. Todos os dados desta tabela foram coletados e consolidados pelo Grupo Mundo Subterrâneo de Espeleologia, do Instituto Socioambiental Árvore. Os dados de localização geográfica foram coletados com a utilização de GPS Garmin Etrex. Dados genéricos de coleta geográfica: DATUM – WGS 84; ZONA UTM 24L; mediação realizada em 15/03/2009.



MENDOZA: UN PROGRAMA PROVINCIAL QUE BUSCA SUPERAR LOS PROBLEMAS ESTRUCTURALES DE TODA LA ESPELEOLOGÍA ARGENTINA

MENDOZA: A PROVINCIAL PROGRAM ATTEMPTING TO OVERCOME STRUCTURAL PROBLEMS OF ALL OF ARGENTINEAN SPELEOLOGY

Carlos Benedetto¹

Federación Argentina de Espeleología – Malargüe (Argentina)

Contatos: carlos_benedetto@fade.org.ar

Resumen

El reciente lanzamiento en la Provincia de Mendoza del Programa Provincial de Espeleología - PPE confirma a la Federación Argentina de Espeleología – FAdE como el eje de las actividades de exploración e investigación de cavernas en el país, con un criterio de darle a la actividad espeleológica un sentido social pero con basamento científico y por lo tanto sustentable. El Espeleoturismo actual en una caverna emblemática (Las Brujas) puede ser el punto de partida y el modelo para la expansión de esta actividad en un área muy extensa donde se da la ocurrencia de cavidades de distintas espeleogénesis según las litologías. El Espeleoturismo como realidad potencial puede superar todas las expectativas económicas, políticas y también científicas.

Palabras-Clave: Espeleoturismo, Espeleogénesis, Vulcano-espeleología, Paleoclimas, Parakarst, Las Brujas.

Abstract

The recent introduction of the Provincial Program of Speleology in the Province of Mendoza confirms that the Argentinean Federation of Speleology is at the center of activities of exploration and investigation of caves in the country. It imbues speleological activity with a social meaning, but with a scientific basis, and makes it sustainable. Speleotourism today in an emblematic cave (Las Brujas) may be the starting point and a model for the extension of this activity in a broad area where caves of distinct lithology and speleogenesis are found. Speleotourism may be a potential reality which surpasses all economic, political and scientific expectations.

Keywords: Speleotourism, Speleogenesis, Vulcanospeleology, Paleoclimate, Pseudokarst, Las Brujas cave.

Eixo temático: Relatos de Experiências
Recebido em: 27. jul.2010

Aprovado em: 30.jul.2010

Introducción

El Espeleoturismo informal existe en Argentina en cavidades naturales de casi todas las provincias, pero solamente en una (Mendoza – fig. 1) existen historias paralelas entre el desarrollo de la Espeleología en general, el Espeleoturismo y la legislación específicamente espeleológica, a pesar de sus deficiencias y faltas de reglamentación. “Informal”, para este razonamiento, incluye lo que llamaríamos también lo “ilegal”, o sea aquel turismo que se practica en espacios no habilitados legalmente o sin planes de manejo,

o sencillamente sin respeto alguno por la legislación ambiental.

Mendoza fue la primera provincia Argentina cuyo Estado tomó conciencia de la necesidad de tener una ley específica de cavidades naturales (Ley 5978, año 1993); fue también la Provincia que creó la primera área natural protegida específicamente espeleológica (Caverna de Las Brujas – fig. 2) y la provincia que más organizadas tiene sus áreas protegidas provinciales.

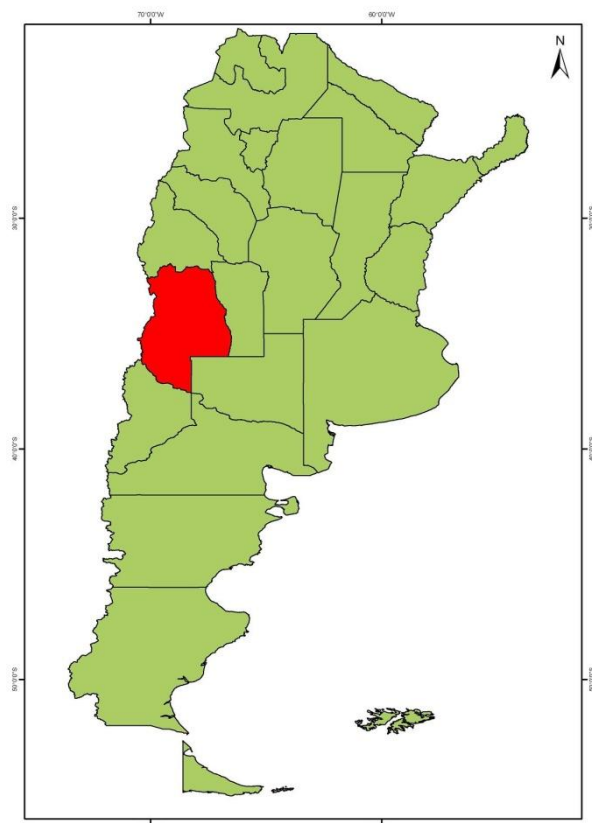


Figura 1 – La provincia de Mendoza es el centro de las actividades espeleológicas de la Argentina. Aquí fue lanzado el Programa Provincial de Espeleología

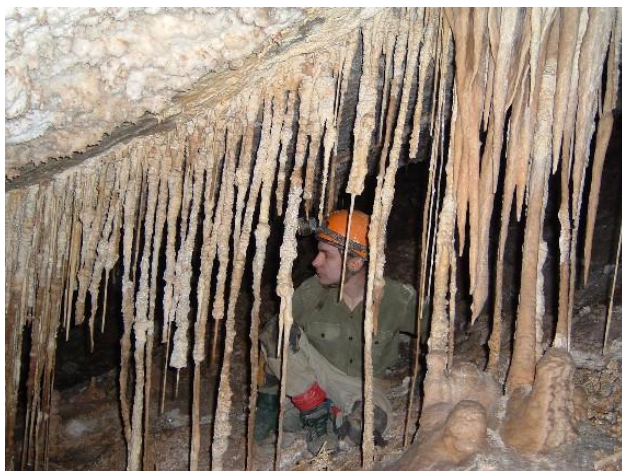


Figura 2 – La caverna de Las Brujas (calizas del Jurásico) es emblemática del Espeleoturismo argentino

Además de eso es la provincia espeleológicamente más activa, donde nació la espeleología argentina a fines de los años '60 y donde se organizó, hace diez años, la primera y hasta ahora única Federación Argentina de Espeleología.

Fue en Malargüe (Mendoza) donde se hicieron dos de los tres congresos argentinos

de esta actividad (años 2000 y 2008), y un congreso de la FEALC (1997). En el primero de ellos se fundó la Federación, que tiene sede legal en la provincia de Mendoza, pero que reúne a espeleólogos e investigadores científicos de 10 provincias argentinas, desde el extremo norte al extremo sur.

“La Espeleología” forma parte de la cultura popular malargüina, como en ninguna otra región del país.

En este departamento de 42.000 Km² se encuentra el 25% de las cavidades naturales de todo el país, incluyendo cavernas en tres litologías clásicas: calizas del Jurásico, yesos del Jurásico, lavas del Pleistoceno, lo que supone una diversidad muy grande en cuanto a futura oferta turística.

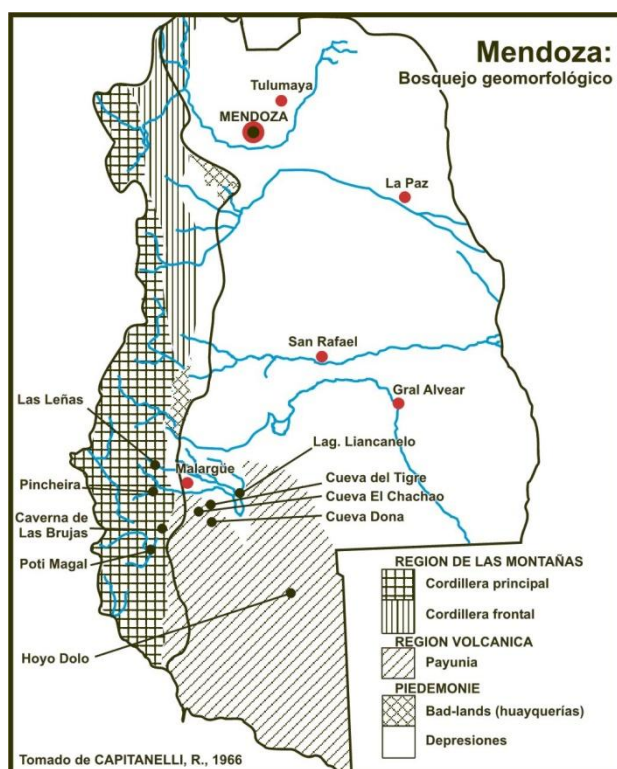


Figura 3 – la Ruta Nacional 40 divide en dos a la Provincia de Mendoza. Las cuevas kársticas y parakársticas se encuentran al Oeste, en el límite con Chile, y al Este se encuentra Payunia, planicie basáltica con multitud de “lava tubes”.

Con una densidad poblacional de 1/2 habitante por Km², Malargüe tiene el problema de que es considerado todavía, a pesar de la existencia de leyes específicas que protegen las cavernas, una especie de “tierra de nadie”, y por eso ha proliferado la espeleología informal, en algunos casos clandestina, y un espeleoturismo también informal, al cual las

autoridades provinciales están ahora intentando ordenar con el lanzamiento del *Programa Provincial de Espeleología*, que aún no adquiere forma definitiva, pero que los espeleólogos adherentes al proyecto ya han apoyado públicamente (www.fade.org.ar).

Debilidades y amenazas de la situación actual

La ley 5978 no está reglamentada y eso significa que los distintos actores pueden interpretarla a su antojo, pero además hay intereses centrados en cierta espeleología no organizada y que opera desde fuera del área o desde fuera de la provincia, para que no haya tal organización ni tal reglamentación. A esto se suma la casi inexistente “cultura espeleológica” por parte de los funcionarios políticos provinciales (la ley obliga al estado provincial, no a los municipios, a ocuparse de las cavernas...) que deben tomar decisiones y cuyo caso extremo es la provincia vecina de Neuquén, donde desde los cargos oficiales se opta por prohibir la espeleología a secas, antes de reglamentar.

Un peligro real es, en todos los casos, la potencial demagogia de los políticos a cargo de los temas proteccionistas en general, que a menudo sacrifican propuestas técnico-ambientales en función de crear fuentes de trabajo y por lo tanto ganar votos.



Figura 4 – Las cuevas en altura en Las Leñas (yesos del Jurásico) están muy cercanas a algunos glaciares y también son un potencial espeleoturístico

Es por ello que también a menudo no hay presupuesto para apoyar proyectos

espeleoturísticos serios, donde lo comercial se subordina a lo técnico-científico.

Sin embargo, hay fortalezas y oportunidades

En el ánimo de “ver el lado lleno del vaso”, diremos que la Federación espeleológica nacional ha cumplido 10 años con signos de fortalecimiento evidentes a pesar de las fuerzas centrífugas que siempre han caracterizado a la espeleología argentina, y que los espeleólogos gozan, al menos en Malargüe, del apoyo de la población y de las autoridades municipales.

La UIS – Unión Internacional de Espeleología – no ha sido ajena a este fortalecimiento, pues ha dado su apoyo a los espeleólogos, y lo mismo puede decirse de la comunidad científica, que cada vez más recurren a la comunidad espeleológica organizada para buscar la asistencia técnica adecuada.

Dentro de esas fortalezas debe destacarse que, en el seno de la misma Federación, se ha desarrollado una Escuela para la formación de nuevos espeleólogos que poco a poco se están poniendo al servicio de los planes estratégicos de las ONGs espeleológicas federadas en un territorio que, como decimos más arriba, es aún virgen en materia de exploraciones y en cuanto a los desafíos que plantean los parakarsts en altura y en cercanía de glaciares, los karsts en caliza, los tubos de lava en la región de Payunia (que se extienden a otras dos provincias, Neuquén y La Pampa) y la ocurrencia de fauna endémica en territorios áridos, potencialidades inimaginables hasta hace poco.

El Bosquejo Geomorfológico que acompaña a este artículo muestra una Ruta Nacional 40 que corre de Norte a Sur, y divide al Departamento de Malargüe en dos: hacia el este, la planicie lávica de Payunia, con más de 600 volcanes que incluyen flujos pahoehoe de gran potencial vulcano-espeleológico. Hacia el Oeste, la Cordillera de Los Andes, con sus grandes depósitos de rocas sedimentarias jurásicas (yesos, calizas). A ambos márgenes de la Ruta 40 se siguen encontrando cavernas de diferentes espeleogénesis según las distintas litologías.

La FAdE está trabajando junto a autoridades de otras provincias (Salta, en el norte del país, Neuquén, Santa Cruz, Tierra del Fuego en Patagonia) que han comprendido, en distintos grados y no sin dificultades, esas limitaciones y buscan también aliarse a los espeleólogos y hacer confluír sus respectivos planes estratégicos de desarrollo.



Figura 5 – La Cueva del Tigre (basaltos del pleistocenos) también es un recurso turístico todavía desaprovechado.

Antecedentes del Programa Provincial de Espeleología

En abril-mayo de 2009 la FAdE había respondido positivamente a la convocatoria del Secretaría de Medio Ambiente de elaborar un boceto del futuro *Programa Provincial de Espeleología* en el marco del Plan de Gestión Ambiental 2008-2012.

Los tiempos apremiaban y la FAdE puso a trabajar a sus equipos, hasta que el boceto tomó forma gracias a los aportes del equipo técnico y asesores o colaboradores externos de la misma FAdE.

Dentro del cronograma 2009 se preveía la inauguración de la Biblioteca Eduardo Martel en una oficina de la Dirección de Recursos Naturales en Malargüe (autoridad de aplicación de la Ley 5978 aún no reglamentada), donde se concentraría un importante acervo de libros, revistas, películas, catastro de cavidades, posters.

La fecha propuesta era el natalicio número 150 del fundador de la Espeleología Científica, el 1º de julio de 2009. Durante los años 2008 y 2009 no se pudo cumplir con el cronograma previsto en el PGA 2008-2012, por lo que estos logros constituyen una realización

tardía, pues se pusieron en marcha entre los días 7 y 10 de julio de 2010.

El taller se llevó a cabo para hacerlo coincidir con dos trabajos de campo en el ANP Las Brujas a cargo de miembros de la FAdE.: 1) relevamiento fílmico de la zona intangible para diagnosticar situaciones de riesgo para misiones científicas; 2) Acompañamiento a los trabajos de reconstrucción de paleoclimas a cargo del especialista anglo-norteamericano George Brook (Universidades de Georgia) y del Dr. Darío Trombotto (IANIGLA – Instituto Argentino de Nivología y Glaciología). Así, los Dres. Brook y Trombotto se convirtieron en expositores científicos del taller.



Figura 6 – También las cuevas en yeso (en este caso San Agustín, Poti Malal, Malargüe) presentan singulares espeleotemas.

Los acuerdos

En el marco del Taller la Federación Argentina de Espeleología elaboró varios documentos, que comunicó a las autoridades y del que debemos destacar:

- SOLICITAR a la DRNR una flexibilización de las actividades espeleológicas, y que se conceda, a los espeleólogos inscriptos según Ley 5978 y Resolución 410/02, acceso irrestricto a las cavidades de la provincia, con cargo de informar las actividades antes y después de las mismas, a fin de que no sufran algunos controles excesivos por parte de los guardaparques que aún recelan de los científicos y de los espeleólogos por arrastrar una cultura de enfrentamientos políticos.

- COMUNICAR al Concejo Deliberante local que la FAdE ve con agrado (y colaborará

con ella) la propuesta de un Concejal (Jorge Marengo) quien, en el marco del PPE, propuso crear una Tecnicatura en Espeleología con carácter de carrera terciaria para funcionar en Malargüe, y sobre la experiencia de la Escuela de la Federación Argentina de Espeleología (EAE-FAE). Con ello, la enseñanza de la Espeleología pasaría a ser, en el futuro, una política oficial y ya no una mera iniciativa privada.

- SOLICITAR a la DRNR y al Municipio de Malargüe el apoyo al IV Congreso Argentino de Espeleología en el año 2012 (Malargüe), incluyendo en el mismo un Simposio de Vulcanoespeleología, habida cuenta de que, para el proyecto del PPE, son de gran importancia las potencialidades de los tubos lávicos dentro de la geografía malargüina, la mayoría de los cuales permanecen inexplorados.

- SOLICITAR a la DRNR y al Municipio de Malargüe que asigne partidas presupuestarias para llevar adelante el PPE o en su defecto ayude a obtener financiamiento externo.

- SOLICITAR que todas las cavernas de Mendoza sean categorizadas según Ley 6045, una ley provincial que establece distintos rangos de áreas protegidas, pero que fue dictada a posteriori de las Leyes 5544 (creación del ANP Las Brujas) y 5978 (ley general de cavidades naturales de la provincia), por lo que no existe marco legal preciso para avanzar hacia planes de manejo adecuados. A modo de ejemplo, Las Brujas es una "reserva", pero no está establecido qué se puede y qué no se puede hacer en ella según Ley 6045, lo que hace que el turismo que actualmente se practica en ella tenga un marco político pero carezca de marco técnico-científico preciso.

- APROBAR el ingreso de la Argentina a la Asociación de Cuevas Turísticas Ibero Americanas (ACTIBA), encomendando a la Federación Argentina que consensúe la representación nacional junto a la Asociación de Guías de Turismo de Malargüe.. Aprobar la inscripción de la Caverna de Las Brujas en la red que propicia ACTIBA y solicitar el asesoramiento técnico de la Unión Internacional de Espeleología – UIS.

- Se reclama asimismo que antes del 31 de diciembre se termine de elaborar el plan de

manejo de las Brujas, que está siendo utilizada turísticamente desde antes de que fuera convertida en reserva

En resumen, el Taller aprobó un documento básico para avanzar en el Plan de Manejo de la Caverna de Las Brujas, un proyecto detallado de decreto reglamentario de la Ley 5978 y una actualización de la propuesta original del PPE de mayo de 2009, incluyendo los aportes de investigadores científicos nuevos que se fueron incorporando con la intención de desarrollar un espeleoturismo sustentable en una región donde la espeleología todavía tiene mucho por hacer.

Se busca asimismo que este modelo de "programa estratégico" sea luego aplicable a otras provincias, sobre todo a Neuquén y La Pampa (que comparten unidades geológicas con Mendoza y por lo tanto ambas pueden ser consideradas "provincias espeleológicas"), pero no solamente. En el caso de Neuquén, se trata de la segunda provincia en importancia en el país por la cantidad de cavernas catastradas hasta el presente.

El taller marcó un hito importante en la historia de la Espeleología ya no sólo mendocina, sino argentina en general: durante décadas la espeleología argentina pensó en la Cordillera de los Andes desde Buenos Aires, pero ahora ésta se piensa a sí misma desde esa Cordillera y se auto reivindica como eje.

El Programa Provincial de Espeleología es pensado, por los espeleólogos, como una parte de un plan estratégico que se articula con los planes estratégicos oficiales de desarrollo del eco-turismo sustentable, y no como actividades técnico-científicas elitistas. El turismo en cavernas, en definitiva, es una actividad de difusión de la espeleología y de protección de las cavernas, en mayor medida que, obviamente, actividades como la minería.

No es por nada que, al concluir el taller de julio 2010, los espeleólogos presentes proclamaran a Malargüe como "Capital de la Espeleología Argentina". Y las autoridades políticas no se opusieron.

Más información sobre los documentos del PPE pueden verse en la web oficial de la Federación Argentina de Espeleología.



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.sbe.com.br/espeleo-tema.asp

¹ Secretario de la Federación Argentina de Espeleología (www.fade.org.ar). Director de la Escuela Argentina de Espeleología. Delegado titular argentino UIS (www.uis-speleo.org).

LEGISLAÇÃO PARA A PROTEÇÃO DO PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO BRASILEIRO: MUDANÇAS, CONFLITOS E O PAPEL DA SOCIEDADE CIVIL

LEGISLATION FOR THE PROTECTION OF BRAZILIAN SPELEOLOGICAL HERITAGE: CHANGES, CONFLICTS AND THE ROLE OF CIVIL SOCIETY

Luiz Afonso Vaz de Figueiredo^{I,II}, Marcelo Augusto Rasteiro^{I,III}
& Pavel Carrijo Rodrigues^{I,III}

- (I) Seção de Educação Ambiental e Formação Espeleológica da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE) - Campinas-SP.
- (II) Professor-pesquisador do Centro Universitário Fundação Santo André (FSA) – Santo André-SP.
- (III) Departamento de Proteção do Patrimônio Espeleológico da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE) - Campinas-SP.

Contatos: lafonso.figueiredo@gmail.com; mrasteiro@hotmail.com; pavelcarr@hotmail.com.

Resumo

O artigo faz uma retrospectiva das alterações na legislação espeleológica brasileira e como isso gerou conflitos com relação à proteção do patrimônio espeleológico. Ponderando sobre o papel da sociedade civil nesse processo, questionando a inconstitucionalidade do decreto 6.640/2008 o artigo apresenta uma visão histórica das manifestações contra o retrocesso na legislação espeleológica e destaca a necessidade do diálogo aberto para encontrar caminhos que permitam proteger o patrimônio natural e por outro lado desenvolver atividades econômicas sob a égide da sustentabilidade socioambiental.

Palavras-Chave: Legislação espeleológica; Proteção ambiental; Sustentabilidade; Conflitos socioambientais; Mineração.

Abstract

This paper presents a retrospective of the changes in Brazilian speleological legislation and how it has created conflict with respect to the protection of speleological heritage. Pondering the role of civil society and questioning the constitutionality of the decree 6.640/2008, it presents a historical overview of the protests against legislation that have created setbacks for speleological heritage. This paper also highlights the need for an open dialogue to find ways to protect natural heritage while also developing socially and environmentally sustainable economic activities.

Keywords: Speleological legislation; Environmental protection; Sustainability; Social and environmental conflicts; Mining.

Eixo temático: Opinião
Recebido em: 03 set. 2010

Aprovado em: 11.set.2010

1. Introdução

Proteger as cavernas como patrimônio natural único, sensível e peculiar ou obter recursos minerais para o desenvolvimento da sociedade contemporânea. Esse parece ser um dilema insolúvel. A legislação que deveria dar o rumo dessas relações acaba sendo muito restritiva, de um lado ou do outro. Desse modo, o que poderia caminhar para um equilíbrio acaba virando um jogo de forças, pressão política, interesses particulares, visões unilaterais, gerando inúmeros conflitos.

É preciso destacar que a maioria dos ambientalistas não está assentada no “mito da natureza intocada”, questionado por Diegues

(1998), e tão pouco acredita no modelo de “terra arrasada” como forma de sobrevivência humana. Vive-se, então, um falso paradoxo, as rochas e seus subprodutos ou os espaços vazios, escuros e cheios de morcegos “horríveis”? É claro que há um reducionismo nesse discurso. A questão é muito mais ampla do que isso, merecendo uma discussão pertinente, embasada cientificamente e mais responsável do ponto de vista socioambiental.

A comunidade espeleológica nacional e internacional não é contrária à exploração mineral, ou qualquer outra atividade econômica em áreas cársticas, desde que sigam os princípios corretos de sustentabilidade

ambiental e justiça social. Muitas vezes, inclusive, são feitas parcerias com empreendedores do setor mineral e outros, sendo solicitado apoio ou autorização para o desenvolvimento de projetos espeleológicos em áreas que tenham atividade minerária.

O que estamos debatendo é a criação do **Decreto Federal nº. 6.640/2008**, que troca a proteção integral do patrimônio espeleológico, pela possibilidade de ampla destruição do mesmo. Isso nos parece uma atitude irresponsável, simplista e falaciosa, mesmo quando utilizada em nome do progresso ou da aceleração do crescimento. Esse é um discurso que já deveria ter sido superado, pois era o mesmo vigente entre as décadas de 1960 e 1980, durante os governos militares, a chamada visão desenvolvimentista, ou seja, a busca do desenvolvimento a qualquer preço. Esse modelo foi um dos fatores determinantes na deterioração das condições de vida e diminuição da qualidade ambiental no planeta.

Não era de se esperar esse tipo de argumentação em plena era de grandes reflexões socioambientais. Muito menos era de se esperar isso do responsável pelo setor de assuntos ambientais, mesmo que ligado a entidades da área de mineração, tal como ele apresenta o tema de forma parcial e algumas vezes pejorativa, em frases como *“Com a eliminação do problema das cavernas, a empresa está otimista”* divulgada na matéria da Folha de São Paulo (BALAZINA, 2009), ou ainda *“Setor mineral comemora edição de decreto que autoriza mineração em cavidades”* na capa do boletim do Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM, 2009).

Deve-se ressaltar que o decreto 6.640/2008 atinge diversos empreendimentos relacionados com as cavernas, não só a exploração mineral, mas, também na geração de energia elétrica, atividades agropecuárias, rodovias, aeroportos, captação de águas subterrâneas, óleo e gasodutos, e até o turismo. Para fins do presente artigo serão destacadas as relações com a atividade mineral, procurando enfatizar a trajetória da legislação espeleológica e seus conflitos.

2. Mineração, meio ambiente e proteção das cavernas

Uma coisa é clara, a mineração trabalha tradicionalmente com recursos naturais não

renováveis, portanto, está baseada em materiais que se acabarão algum dia. Por isso é fundamental a mudança de mentalidade no setor, visando estratégias de maior sustentabilidade.

Uma das demonstrações mais claras de que é possível o diálogo entre essas partes aparentemente opostas é a existência de um dos maiores especialistas brasileiros em gestão ambiental e mineração, o Prof. Dr. Luis Enrique Sánchez (Escola Politécnica-USP), que é um antigo ativista e espeleólogo, tendo sido presidente da Sociedade Brasileira de Espeleologia (1980 e 1981) e conselheiro por diversas gestões da entidade.

Em suas argumentações, Sánchez demonstra alguns dos avanços mais significativos no setor, mas que ele afirma só ter sido promovido pelo aumento progressivo da rigidez da legislação, o nível de criticidade da sociedade atual, as novas exigências do mercado, os princípios de atuação responsável adotados pela área mineral, além dos benefícios econômicos decorrentes dessa postura. (SÁNCHEZ, 2007).

São inegáveis os diversos avanços que vem sendo observados no setor mineral, seja por ação dos órgãos governamentais, seja pela iniciativa pró-ativa das empresas de mineração, visando programas de gestão ambiental. Entre eles está a recuperação de áreas degradadas, o manejo de águas em minas, o monitoramento ambiental e a melhoria das relações com a comunidade. Mas, ainda existem muitas discrepâncias que sem dúvida refletirão nos processos de gestão ambiental. Isso ocorre devido ao perfil da indústria mineral brasileira, visto que em 2004, apenas uma única empresa detinha em torno de 50% do valor da produção no setor, além do que cerca de 80% das empresas eram classificadas como sendo de pequeno e médio porte. Em virtude disso, as questões que norteiam a relação entre sustentabilidade e mineração devem ser vistas com o devido cuidado. (SÁNCHEZ, 2007, MEDINA et al., 2007; ENRÍQUEZ; DRUMMOND, 2007).

Os levantamentos sobre tendências tecnológicas para o setor de geociências destacaram a importância da valorização de rejeitos e a reciclagem de materiais. A revista *In The Mine*, em artigos sobre mineração e meio ambiente, destacou estes aspectos elogiosos no desenvolvimento do setor mineral.

Entretanto, é colocado o problema da falta de diálogo com outros setores, como os ambientalistas, ou mesmo a predisposição para esse diálogo. (OLIVEIRA, 2009; FIGUEIREDO, 2009).

A preocupação com a proteção do patrimônio geológico e geomorfológico brasileiro começa a ser realçada, devido a sua importância ambiental, além da educação científica e o ecoturismo, cuja implementação de linhas institucionais é considerada por Medina et al. (2007, p. 51) como um expressivo ganho para a sociedade brasileira.

No Brasil os primeiros dados sobre cavernas estão relacionados à sua utilização religiosa ou à exploração mineral, notadamente o salitre para a produção de pólvora. Entre as citações mais importantes destacam-se as relacionadas com região mineira próxima a Curvelo e Lagoa Santa, onde o naturalista dinamarquês Peter Wilhelm Lund estudou fósseis da fauna pleistocênica e ossadas humanas, entre 1835-1844, que o tornariam reconhecido internacionalmente e em nosso país como o *pai da paleontologia brasileira*. Esse material paleontológico só foi obtido por causa da exploração mineral dentro de cavernas, por outro lado, infelizmente deve também ter destruído importantes vestígios dessa história natural. (FIGUEIREDO, 2010).

Como outro fato ligado ao conflito entre mineração e esse acervo científico da natureza, devem-se ressaltar os trabalhos feitos na Lapa Vermelha (Lagoa Santa, MG), que foi totalmente destruída pela mineração. Essa caverna continha importantes achados arqueológicos, estudados pela missão francesa, liderada por Anette Laming-Emperaire.

Existem vários outros casos históricos de cavernas ameaçadas pela mineração, devemos lembrar a Gruta da Igrejinha (Ouro Preto, MG), Gruta Tamboril (Unaí, MG), Gruta do Éden (Pains, MG), Caverna de Bacaetava (Bacaetava, PR), Gruta da Lancinha (Rio Branco do Sul, PR), Fenda Azul e outras no PETAR (Alto Ribeira, SP), entre diversos outros exemplos. Algumas dessas cavernas foram protegidas por causa da ação de proteção ambiental e esforço de ativistas e entidades ambientalistas, muitas delas ligadas à atividade espeleológica, outras cavernas foram total ou parcialmente destruídas. Clayton Ferreira Lino, conhecido espeleólogo, ex-

presidente da SBE (1975 a 1980) e atual presidente do Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (CNRBMA), já alertava no seu livro, *Cavernas: O Fascinante Brasil Subterrâneo* (1989), sobre destruição do patrimônio espeleológico. Alguns exemplos aparecem nas fotos 1, 2 e 3.



Foto 1- Gruta destruída pela mineração em Sete Lagoas (MG). (Clayton Ferreira Lino, 1984).

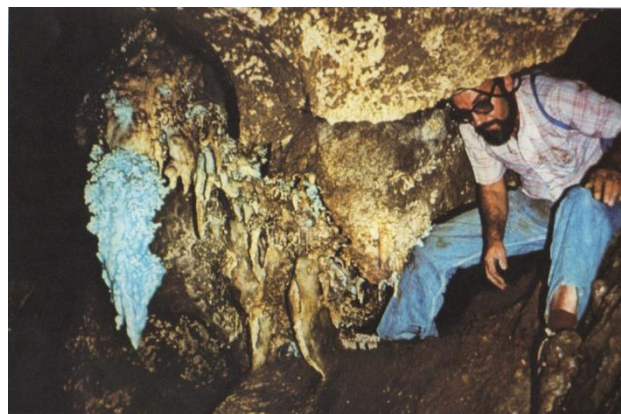


Foto 2- Gruta da Fenda Azul, destruída pela mineração no Alto Ribeira (SP). (Dario de Castro, 1979).

No caso de Pains (MG), por outro lado, temos uma iniciativa inusitada e ousada, que causou uma reviravolta no processo. O prefeito da cidade, reconhecido como minerador da região, em junho de 2009, em seu discurso sobre a implantação de uma área protegida para a Gruta Éden, abdicou do fortalecimento da visão econômica em detrimento da qualidade ambiental da população local e responsabilidade com as gerações futuras, principalmente, em virtude de a atividade mineral poluir e degradar os recursos hídricos e comprometer o abastecimento público de água do município. Em seu discurso, o gestor municipal destacou a importância da visão responsável e o desenvolvimento de ações

sustentáveis pela a atividade mineral, merecendo os devidos elogios.

Em virtude dessa aproximação e do potencial espeleológico da região do Alto São Francisco, realizou-se em 2009 no município de Pains, um programa de oficinas práticas de iniciação espeleológica por meio de uma parceria entre a Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), a prefeitura local, o Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente (CODEMA) e o Espeleogrupo de Pains (EPA).

Entretanto, os problemas persistem na região, tendo em vista que em março de 2010 o Ministério Público (federal e estadual) em ação conjunta com diversos órgãos ambientais e outros realizou uma grande operação de vistoria (Pá de Cal) que resultou no embargo de 32 mineradoras, que mantinham atividades irregulares de extração de calcário e dolomito, tanto do ponto de vista social, quanto ambiental. Estima-se que existam em torno de 70 empresas irregulares.



Foto 3- Mineração abandonada na região de Caboclos (PETAR-SP). (Luiz Afonso V. Figueiredo, 2006).

Em meio a esse debate pertinente sobre a gestão ambiental no setor mineral, observa-se a Indústria Brasileira de Mineração (IBRAM) alardeando sobre a comemoração da edição do decreto, que vêem as cavernas como problemas e empecilhos às suas atividades, consideradas pejorativamente como “buracos negros”, ao mesmo tempo em que assumiam a força de seus lobbies para a mudança da legislação. (NOVOS..., 2009; PENNA, 2009).

Em matéria para o seu boletim institucional é apresentada uma caverna na foto de capa e no artigo era considerada como candidata a ser eliminada, conforme o novo decreto, fato justificado por essa caverna não apresentar ornamentações ou presença de significativos dados de fauna, paleontologia ou arqueologia, entretanto, deve-se ressaltar que essas informações não são suficientes para determinar um critério de importância da gruta. No artigo da Folha de São Paulo, o diretor para assuntos ambientais do IBRAM, colocou que os conflitos entre mineração e cavernas são inevitáveis, pois “os mesmos processos que levam a formação das cavernas levam a formação do minério”. (BALAZINA, 2009).

O surgimento de discursos contrários às questões ambientais foi o tema da dissertação de mestrado de Figueiredo (2000), que analisou os conflitos socioambientais entre políticas públicas e representações sociais de proteção ambiental e desenvolvimento, a partir do caso do Alto Vale do Ribeira. O autor demonstrou a complexidade e fragilidade do assunto, gerando o título/tema da pesquisa, “O ‘meio ambiente’ prejudicou a gente...”. Essa pesquisa ressaltava, ainda, o papel da educação ambiental e a necessidade de um esforço para ultrapassar essa visão dicotômica. (FIGUEIREDO, 2000; 2006).

E é por esse mesmo motivo que precisamos discutir em conjunto com os segmentos envolvidos, de modo a buscar o equilíbrio com relação ao tema. Nesse sentido, iniciaram-se em 2009 os diálogos com a indústria Votorantin Cimentos, visando organizar um evento abrangendo outras empresas da área de mineração, no qual seriam analisados os problemas no setor, avaliados casos e definidas estratégias para um manejo mineral sustentável, com menor impacto para as cavernas e seu entorno. Ao se efetivar essa parceria é dado um importante avanço para uma atuação conjunta entre

mineração e espeleologia, podendo corrigir erros passados e principalmente indicando caminhos alternativos para o futuro.

3. Patrimônio espeleológico brasileiro

A Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE) é uma entidade civil declarada de utilidade pública, criada em novembro de 1969. Durante seus mais de 40 anos de atividades congregou mais de 1.700 pessoas, entre os ativos espeleólogos, cientistas, esportistas e demais interessados. Entre suas missões, estão: a proteção das cavidades naturais brasileiras, o registro das informações sobre o patrimônio espeleológico, a organização dos ativistas e estudiosos no assunto, o fornecimento de subsídios para as ações de gestão ambiental, a difusão do conhecimento espeleológico, a educação ambiental e formação do espeleólogo, o fortalecimento de técnicas e as estratégias de inclusão social.

O patrimônio espeleológico nacional abrange as regiões geológicas mais favoráveis ao desenvolvimento desse fenômeno hidrogeoquímico, destacando-se, principalmente, os sítios espeleológicos em rochas carbonáticas (ex: calcário), sendo que mais de 80% das cavernas registradas no Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC-Brasil) estão indicadas nessa litologia, sendo seguidas pelas de origem siliciclásticas (ex: arenito, quartzito). Entre as regiões de maior importância no Brasil, destacam-se: Centro-Norte de Minas Gerais, Nordeste de Goiás, Sudeste de Tocantins, Sudoeste e Centro-Norte da Bahia, Vale do Ribeira (SP/PR), Serra da Bodoquena (MS), Alto Paraguai (MT), Chapada do Ibiapaba (CE), Chapada do Apodi (RN), entre tantas outras.

Quando se fala em números relativos ao patrimônio espeleológico brasileiro, tem se especulado muito sobre os valores. A grande verdade é que ainda são insuficientes os trabalhos e o conhecimento sobre esses dados, devido às dificuldades inerentes desse tipo de atividade, como o pequeno número de especialistas, a falta de apoio governamental ou privado e de recursos financeiros para esse fim, entre outros aspectos dificultadores.

Atualmente estão registradas 5.199 cavernas no Cadastro Nacional de Cavidades Naturais da SBE (SBE, agosto 2010), sendo reconhecido que esse valor é ínfimo perante o

potencial espeleológico nacional, algo estimado entre 5 a 10% do esperado, além do que, as informações decorrentes dos estudos e levantamentos realizados demonstram a inclusão em torno de 250 novos registros de cavernas descobertas por ano em todo o território nacional.

As cavernas estão sujeitas aos problemas de degradação ambiental, assim como às ações protecionistas. Isso tem ocorrido em todo o âmbito internacional. Os estudos, como os realizados pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), demonstraram a importância da paisagem cárstica e dos sítios espeleológicos, seja por seus valores econômicos, destacando-se o turismo como forma a evitar a depleção desse patrimônio seja por seus valores científicos, por preservar um conhecimento sobre a história geológica e da vida no planeta, que sobreviveu às grandes mudanças climáticas, ou ainda pelos seus valores humanos e socioculturais, devido ao uso das cavernas como moradias, abrigos, lugares sagrados, contemplativos, entre outros. As ameaças à existência das cavidades naturais não podem ser analisadas apenas por uma visão imediatista, pois pode ser destruído de forma irreversível um fantástico acervo de informações sobre a história ambiental e da própria humanidade. (WATSON et al., 1997, p. 6-14).

Esse tipo de reflexão é fundamental para pensarmos a situação atual brasileira, pois ela reflete momentos da situação em outros países, indica cuidados nos próximos passos.

4. Legislação espeleológica e a problemática decorrente do Decreto 6.640/2008

A legislação brasileira relativa à proteção das cavidades naturais é bastante recente, principalmente na segunda metade da década de 1980, antes disso, o que existia estava relacionada aos sítios arqueológicos e paleontológicos, a questão hídrica ou a algumas unidades de conservação onde existiam cavernas ou espécies ameaçadas de extinção. Os documentos jurídicos foram sofrendo modificações ao longo do tempo, mas ainda ficaram atrelados aos conflitos, reducionismos e as dificuldades para a

aplicação e efetivação dessas normativas. (SESSEGOLO; THEULEN, 2001).

A primeira iniciativa para o desenvolvimento de algum instrumento legal visando a proteção do patrimônio espeleológico ocorreu em 1986, quando a **Resolução CONAMA n.º. 009/1986** instituiu uma comissão especial para tratar do assunto, o que deu origem a **Resolução CONAMA n.º. 005/1987**, que criava o *Programa Nacional de Proteção do Patrimônio Espeleológico*. Esse documento solicitava aos mineradores que informassem sobre a presença de sítios arqueológico, fósseis e cavernas em suas regiões de atuação.

Com base nesses documentos e na ação dos espeleólogos forneceram-se subsídios para que na promulgação da **Constituição Federal de 1988** fosse incorporada a questão das cavernas, em diversos de seus artigos. Desse modo, no art. 20, X, as cavernas foram definidas com bens da União. O art. 216, relativo ao patrimônio cultural, e o art. 225, do meio ambiente, indicavam as cavidades naturais como importantes patrimônios culturais e naturais.

Em 15 de junho de 1990, a **Portaria IBAMA n.º. 887** ressaltava a necessidade da realização de um diagnóstico do patrimônio espeleológico, identificando áreas cársticas e a definição de ações adequadas, limitando o uso das cavernas e determinando a necessidade de estudos para a delimitação da área de influência nas cavidades naturais. Esse foi um passo importante para o sancionamento do **Decreto Federal n.º. 99.556/1990** que dispunha sobre a proteção integral das cavidades naturais e indicava que as cavernas se tratavam de patrimônio cultural brasileiro, fazendo várias exigências quanto à necessidade de qualquer empreendimento previsto em sítios espeleológicos, realizar EIA-RIMA, mantendo a integridade física e equilíbrio ecológico.

Logo em seguida foi elaborado o **Projeto de Lei (PL) n.º. 5.071/1990** e seu Substitutivo do Senado n.36/1996 que regulavam sobre a proteção e utilização das cavidades naturais. Esse projeto tramita há duas décadas e já procurava aperfeiçoar a legislação relativa às cavernas brasileiras. Entretanto, até agora esse documento continua em tramitação muito lenta, o que é um fato estranho, além disso, outros projetos sobre o mesmo tema foram

apresentados no Congresso Nacional como o **PL n.º. 2.932/2003** e o **PL n.º. 2.047/2007**, este último muito próximo do texto do Decreto 6.640/2008 e que tramitou mais rapidamente.

Nesse ínterim, por pressão do movimento espeleológico, é criado o Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas (CECAV) no âmbito do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), pela **Portaria n.º. 057/1997**, para suprir este órgão de fiscalização e licenciamento de pessoal capacitado em espeleologia. Contudo, em 2007, com a divisão do IBAMA e a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), o CECV ficou atrelado ao novo órgão e com poderes limitados apenas às unidades de conservação federal. (RASTEIRO, 2010).

Após novo hiato de ações específicas no campo jurídico e tendo em vista a necessidade de aperfeiçoamento da Resolução 005/1987, foi elaborado um novo documento legal, a **Resolução CONAMA n.º. 347/2004**, que incluiu indicações e definições para licenciamento ambiental e instrumentos de gestão em áreas ou atividades que pudessem afetar sítios espeleológicos, definindo níveis de relevância. No entanto, naquele momento não visava indicar as cavernas que poderiam ser destruídas, apenas apresentava proposta para organizar as atividades em áreas próximas.

O caminho optado pelo viés legal já dava mostras de que havia uma pressão para afrouxar a legislação espeleológica, dando início no final de 2007 à elaboração de uma minuta do novo decreto, enquanto em paralelo o CECV organizava articulações visando à definição de critérios de relevância das cavernas brasileiras.

Nesse momento, a comunidade espeleológica nacional já estava se mobilizando, pois o teor do projeto em discussão já demonstrava claramente retrocessos na legislação específica vinculada ao patrimônio espeleológico brasileiro, gerando diversas manifestações. Apesar disso e agravado pela falta de diálogo com a sociedade civil, em 07 de novembro de 2008 é assinado pelo Presidente da República, Luiz Ignácio Lula da Silva, e pelo Ministro do Meio Ambiente, Carlos Minc, o **Decreto n.º. 6.640/2008**. Isso Suscitou diversos protestos e documentos organizados por espeleólogos,

estudiosos do assunto e demais ambientalistas. A velocidade recorde de aprovação se de um lado assustou a comunidade espeleológica, de outro mostrava claros problemas de inconstitucionalidade, independente de quem seria beneficiado pela rapidez do trâmite.

Entre as questões que retrocederam, as cavernas passaram, a partir de uma única assinatura, de bem da União, totalmente protegido, o que é pioneiro no âmbito mundial, a um patrimônio passível de destruição mediante compensação financeira, de acordo com uma classificação de relevância, mesmo que baseado na análise regional e local de diversos atributos, tais como: ecológicos, biológicos, geológicos, hidrológicos, paleontológicos, cênicos, histórico-culturais e socioeconômicos.

Foram adotados critérios de relevância das cavernas em quatro níveis: máximo, alto, médio e baixo. Sendo que apenas as cavidades de nível máximo de relevância seriam totalmente protegidas, enquanto as de nível alto e médio poderiam ser suprimidas desde que mediante compensação ambiental e as definidas como de baixa relevância poderiam ser destruídas, sem necessidade de nenhuma compensação, podendo causar danos irreversíveis a esse patrimônio.

Do ponto de vista jurídico também é destacada essa questão.

“...é pouco provável que tais cavidades consigam ser graduadas de forma adequada num curto espaço de tempo, conforme determinado na norma, correndo-se o risco de serem lesados patrimônios e dados inéditos, bem como extintos organismos...” (LOPES, 2009).

Promotores de justiça, advogados e estudiosos do direito ambiental ressaltaram que o decreto alterou de maneira significativa o quadro de proteção do patrimônio espeleológico brasileiro, por redução do status protetivo. Esses autores considerafram essa alteração legal uma ameaça sem precedentes ao meio ambiente e ao patrimônio cultural do país. Reforçaram ainda que as origens dessa pressão de mudança são de caráter meramente econômico e político, desconsiderando valores constitucionalmente definidos, revelando um menosprezo ao princípio do desenvolvimento sustentável

consagrado na Carta Magna e em outros documentos. Sendo um visível retrocesso socioambiental. Outro aspecto destacado como inconstitucional é a falta de canais de participação para a comunidade no processo de proteção das cavernas. Além disso, esse ato de revogação só poderia ter ocorrido por meio de lei específica, e não por decreto. (MIRANDA, 2009; MARCHESAN et al., 2009).

“...(há evidente redução ou retrogradação do nível de proteção que, até então, revestia o patrimônio espeleológico brasileiro), o que também é vedado, pois a doutrina constitucionalista censura a aniquilação de conquistas protetivas, de forma que a tutela normativa deve se operar de modo progressivo no âmbito das relações jurídicas, a fim de não retroceder jamais a um nível de proteção inferior àquele já alcançado.” (MIRANDA, 2009).

Um dos pontos mais polêmicos do novo decreto está relacionado com o grau de subjetividade e as dificuldades para se definir e aplicar esses critérios de relevância. A professora titular do Departamento de Zoologia (IB-USP) e livre docente, Dra. Eleonora Trajano, é uma especialista em Biologia Subterrânea, pesquisadora de renome internacional, teceu diversas críticas ao novo decreto, mas usou uma argumentação científica, sem entrar em sentimentalismos.

Para ela o novo decreto muda completamente as relações com o patrimônio espeleológico, pois anteriormente todas as cavernas eram protegidas a priori. A situação atual inverteu, agora é necessário demonstrar que uma caverna tem relevância, ou seja, a menos que se prove o contrário, todas as cavernas são irrelevantes. O decreto então divide as cavidades naturais em as cavernas de relevância máxima e as de não relevância máxima. Essa dicotomia é considerada pela pesquisadora como a grande dificuldade inerente a esse documento legal. (TRAJANO, 2009a).

*“Logicamente, pode-se provar a existência de um atributo, mas não sua ausência. Ou seja, **ausência de evidência não é evidência de ausência**. Esta é a base da própria Ciência, estruturada sobre os fundamentos lógicos (...).”* (TRAJANO, 2009a). (GRIFOS NOSSOS).

Outro aspecto a ser destacado está relacionado com o desconhecimento do número total e da abrangência do patrimônio espeleológico brasileiro, além da falta de especialistas para a realização dos estudos necessários e as subjetividades inerentes do tema, que podem dificultar a aplicação do conteúdo do decreto.

Em outro artigo, Trajano (2009b) ressalta outra falha do decreto 6.640/2008, decorrente da não inclusão da valoração dos próprios empreendimentos, como contraposição à supressão dos sistemas subterrâneos.

Ricardo Marra (2008) em sua tese de doutorado sobre critérios de relevância para cavernas, cruzando dados das cavernas com os do DNPM, observou que 48% das cavernas do cadastro do CECAV estavam em municípios com atividade minerária, no entanto, apenas 27% delas estavam localizadas em algum tipo de unidade de conservação, demonstrando as limitações do instrumento legal.

Em virtude disso, o próprio decreto destaca a necessidade da implementação de unidades de conservação em áreas de interesse espeleológico, a partir de ações de compensação ambiental. Entretanto, ainda existem poucos exemplos de áreas protegidas que possuem cavernas, tais como as que estão listadas no Quadro 1.

5. Mobilizações, manifestos e ações mitigadoras

5.1 Sociedade Civil

Muita mobilização tem sido feita, em virtude de não ter sido consultada a comunidade espeleológica brasileira e os cientistas especializados ou mesmo apresentado o decreto de forma mais aberta e participativa.

A grande crítica quanto ao retrocesso advindo do decreto se deve a mudanças de valores socioambientais, pois o que deveria ser visto como exceção, ou seja, a supressão de algumas cavernas pela relevância social dos empreendimentos é exatamente o contrário, tudo é possível, independente de sua importância ou abrangência. Em outras palavras, precisa-se provar a máxima relevância das cavernas para serem protegidas, mas não há qualquer necessidade de avaliar a importância dos empreendimentos beneficiados com sua degradação.

Além disso, ainda há a possibilidade de interferência nos processos de licenciamento ambiental e na classificação das cavernas já que o empreendedor interessado contrata diretamente os pesquisadores que irão subsidiar a classificação das cavernas, podendo pressionar para que os resultados lhe sejam favoráveis.

Quadro 1- Distribuição estimada das cavernas turísticas em unidades de conservação brasileiras

Estado	Cavernas turísticas	Unidades de Conservação (exemplos)	Cavernas (exemplos)
SP	58	Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira, P. E. Caverna do Diabo, P. E. Intervalos, P. E. Jacupiranga,	Santana, Morro Preto, Couto, Cafezal, Alambari de Baixo, Chapéu, Aranhas, Teminina, Pescaria, Tapagem (Diabo), Rolado (I, II e III), Colorida, Fendão
MG	51	APA Carste de Lagoa Santa, Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, P. E. Ibitipoca, Parque Natural do Caraça, Monumento Natural do Morro da Pedreira	Lapinha, Maquiné, Rei do Mato, Janelão, Bonita, Viajantes, Bromélias
BA	15	Parque Nacional da Chapada Diamantina, APA de Brejões	Lapa Santuário do Bom Jesus, Lapa Doce I, Gruta da Pratinha, Gruta do Lapão
PR/SC	10	P. E. Campinhos, P. E. Vila Velha, P. Municipal de Botuverá	Jesuítas/Fadas, Buraco do Padre, Botuverá, Bacaetava
MS/MT	10	P. N. da Serra da Bodoquena, P. N. Chapada dos Guimarães	Lago Azul, Nossa Senhora Aparecida, Aroe Jari
GO	8	P. E. Terra Ronca	Terra Ronca I e II, Angélica, Bezerra, São Bernardo, São Mateus
CE	1	P. Nacional de Ubajara	Ubajara
Outros	21	Diversas	Grutas da Tijuca (RJ), Maroaga (AM), Gruta do Castelo (ES), etc.
TOTAL	174	DIVERSAS	

Fonte: Lino (1989); Figueiredo (1998); Labegalini (2003a, b); Lobo, Perinotto e Boggiani (2008).

Apesar dos indícios de que o Governo Federal pretendia abrandar a legislação espeleológica, somente no mês anterior a publicação do Decreto 6.640/2008 é que a comunidade espeleológica tomou conhecimento de sua minuta, não através de qualquer órgão governamental, mas pela mídia. Imediatamente a Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE) promoveu uma consulta a seus associados, sendo que todas as manifestações foram contra o texto do novo decreto, assim, lançou-se o *Manifesto contra o retrocesso na legislação espeleológica brasileira*, publicado em seu boletim eletrônico em 01 de novembro de 2008 e enviado ao conhecimento dos Ministérios de Meio Ambiente e de Minas e Energia, além da Casa Civil, solicitando que o texto não fosse aprovado e que fosse aberto um canal de comunicação com a comunidade espeleológica, para espanto de todos, alguns dias depois o decreto foi assinado.

O Manifesto da SBE contou com a adesão de quase 200 entidades sendo que treze delas são internacionais, das quais sete são federações espeleológicas e seis grupos de espeleologia.

As entidades espeleológicas abrangiam oito estados brasileiros, destacando-se São Paulo (16) e Minas Gerais (10). Assinaram o documento mais 150 entidade socioambientais, sendo cinco Redes ou Sociedade Científica. Algumas entidades históricas, idôneas e reconhecidas pela opinião pública, também assinaram o documento, como a Associação

Gaúcha de Proteção do Ambiente Natural (AGAPAN), cujo ilustre membro foi o ambientalista José Lutzemberger, internacionalmente reconhecido e ex-secretário nacional de Meio Ambiente, além de outras ativas entidades, tais como: ISA, AMDA, MOAB, ABETA, Friends of the Earth-Brasil, IPÊ, FUMDHAM, GRUDE, MATER NATURA, APREMAVI e VITAE CIVILIS.

Entre as diversas manifestações em todo o Brasil, antes mesmo da assinatura do decreto 6.640, os criadores do portal Eco-Subterrâneo haviam lançado em meio eletrônico, no dia 24 de outubro de 2008, um **Abaixo-assinado (petição nº. 2.115)**, no qual era feita uma carta de repúdio à minuta do decreto, obtendo mais de 4.400 assinaturas.

Ainda dentro das manifestações contrárias ao decreto 6.640/2008, foi realizada em 22 de dezembro de 2008 uma passeata na Avenida Paulista, em São Paulo, denominado *Protesto dos Capacetes*, promovido pela Redespeleo Brasil com o apoio da SBE e que teve a participação de aproximadamente 200 pessoas. Evento que só não foi maior devido aos alagamentos e congestionamento recorde nesse dia chuvoso da capital paulista.

Em 12 de setembro de 2009, em São Paulo, a SBE com o apoio da Redespeleo Brasil e portal Eco-Subterrâneo organiza o *Capacetaço*, um protesto durante a Adventure Sports Fair, que atrai a atenção de mais de mil pessoas para o estande da entidade na feira onde são passadas informações e distribuídos selos contra o decreto. (Figura 1 e 2 e Foto 4).



Figura 1 e 2 – Logo da campanha da SBE contra o Decreto 6.640/2008 (Criação e arte de Marcelo Rasteiro e Nivaldo Colzato, 2009) e charge de protesto (Flávia Kanashiho, 2009)



Foto 4 – Capacetaço- 2ª. edição do protesto dos capacetes contra o Decreto 6.640/2008, mobilizado pela SBE durante a Adventure Sports Fair (ASF-2009) (Herman Figueiredo, 2009)

Antes mesmo da publicação do Decreto 6.640/2008, a SBE vinha mantendo a comunidade espeleológica informada sobre o assunto através do boletim eletrônico *SBE Notícias* contendo matérias de cunho crítico e informativo, com links para que o leitor pudesse acessar os textos originais. (Quadro 2).

Ainda na direção da mobilização e esclarecimentos, foi promovida em 23 de setembro de 2009 uma mesa-redonda, intitulada *Proteção do Patrimônio Espeleológico Brasileiro frente às Recentes Mudanças na Legislação*, organizada pela SBE com apoio do Instituto de Geociências (IGC-USP) e do Grupo de Espeleologia da Geologia (GGEO-USP). Participou do debate o secretário adjunto da União Internacional de Espeleologia (UIS), Jean-Pierre Bartholeyns, que apresentou um trabalho sobre a proteção do carste na região de Wallon (Bélgica), além de reforçar o apoio da UIS aos protestos e manifestos contrários ao retrocesso da legislação de proteção das cavernas no Brasil. Contribuiu igualmente para o debate o coordenador da Seção de Relações Internacionais da SBE e ex-presidente da

União Internacional de Espeleologia (UIS), José Ayrton Labegalini, destacando a trajetória da UIS em ações de proteção das cavernas e sítios espeleológicos. Os trabalhos foram mediados pelo presidente da SBE, Luiz Afonso Figueiredo, que no início do evento fez um breve histórico da legislação espeleológica brasileira e os problemas advindos das suas recentes alterações.

5. 2 Poder Executivo

Após a assinatura do decreto 6.640/2008 e com as manifestações da sociedade civil organizada aumenta a divulgação do assunto na mídia e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) organiza uma reunião em Brasília dia 27 de novembro de 2008 para o “aprimoramento” do Decreto. Participam da reunião o Presidente do ICMBio, Sr. Rômulo Mello, representantes do CECAV e outros departamentos do Ministério do Meio Ambiente (MMA), SBE, Redespeleo e CN-RBMA. Nesta reunião foram discutidos diversos aspectos falhos do decreto, contudo o decreto continua com seu texto original e não houve qualquer manifestação do poder executivo no sentido de aprimorá-lo.

Quadro 2 – Divulgações no boletim SBE Notícias relacionadas com a legislação espeleológica

Data	Título da Matéria	Autor	* Nº SBE Notícias
11/03/08	Ibama emite parecer favorável à Tijuco Alto	Marcelo Augusto Rasteiro	80
21/06/08	Governo quer mudar a legislação espeleológica para liberar obras	Marcelo Augusto Rasteiro	90
21/10/08	Mudança na legislação deve ser nefasta para nossas cavernas	Marcelo Augusto Rasteiro	102
01/11/08	130 entidades já apoiam o Manifesto contra o Retrocesso na Legislação Espeleológica Brasileira	--	103
01/11/08	Minc Promete plano de proteção às cavernas	--	103
11/11/08	Governo ignora a sociedade e libera a destruição de cavernas	Marcelo Augusto Rasteiro	104
01/12/08	ICMBio propõe à Sociedade Civil um "aprimoramento" do decreto que legaliza a destruição de cavernas	Pavel Carrijo Rodrigues e Marcelo Augusto Rasteiro	106
11/12/08	SBE pede ação de inconstitucionalidade para o decreto 6.640	Marcelo Augusto Rasteiro	107
11/01/09	Deputado José Otávio Germano apóia a destruição de cavernas	Marcelo Augusto Rasteiro	110
01/02/09	Crítérios de relevância não garantem a conservação das cavernas	Marcelo Augusto Rasteiro	112
21/03/09	Decreto 6.640 é questionado no Supremo Tribunal Federal	Marcelo Augusto Rasteiro	117
01/04/09	Decreto 6.640 será julgado em definitivo	--	118
11/04/09	Revista Época divulga matéria sobre o decreto 6.640	--	119
11/04/09	Tese de doutorado sobre critérios de relevância para classificação de cavernas no Brasil	--	119
11/05/09	SBE e ISA vão ao STF para tentar revogar o decreto 6.640/08	--	122
11/06/09	SBE assina nota pública contra o desmonte da legislação ambiental brasileira	--	125
11/06/09	Trabalho aborda problemas trazidos pelo decreto 6.640/2008	--	125
21/08/09	SBE participa do Anuário Brasileiro de Meio Ambiente em Mineração	Marcelo Augusto Rasteiro	131
21/08/09	IN define critérios de relevância para cavernas	--	131
11/09/09	Capacetaço - SBE fará protesto na Adventure	--	133
21/09/09	Milhares de pessoas visitaram o stand da SBE na Adventure 2009	--	134
21/09/09	Mesa redonda na USP discute a proteção do patrimônio espeleológico	--	134
11/10/09	Continua a luta na Câmara para suspender o Decreto 6.640/2008	--	136
11/10/09	MMA institui Programa Nacional de Conservação de Cavernas	--	136
21/10/09	Representante da UIS participa de mesa redonda sobre proteção do patrimônio espeleológico brasileiro	Luiz Afonso V. Figueiredo	137
01/11/09	PDC 1.138/08 é rejeitado na CME	Pavel Carrijo Rodrigues	138
01/11/09	Mineração Aripuanã é exemplo de destruidor pagador	Marcelo Augusto Rasteiro	138
21/03/10	Operação Pá de Cal fecha mineradoras irregulares em Pains MG	--	152
11/04/10	Curso forma técnicos para licenciar obras em áreas com cavernas	--	154
11/04/10	Poder de atuação do CECAV é restrito	Marcelo Augusto Rasteiro	154
11/05/10	Mineradoras voltam a funcionar em Pains	--	157
11/07/10	Artigo discute a política ambiental e a legislação de cavernas	--	160
11/08/10	Parecer pede a sustação do Decreto 6.640/08	--	163

* **Hyperlink para a edição correspondente do SBE Notícias**

Em 20 de agosto de 2009 o MMA lança a **Instrução Normativa nº. 2/2009** definindo os critérios para classificação das cavernas, conforme previsto no Decreto 6.640/2008. Estes critérios são bastante complexos e há

previsão de revisão a cada dois anos, o que pode ser positivo, pois supõe o aprimoramento da metodologia, mas, por outro lado é negativo, já que eterniza o conflito entre os que desejam critérios mais rígidos e os que

desejam um processo de licenciamento mais ágil e menos oneroso. (BRASIL, 2009a).

Em setembro de 2009 é criada a **Portaria MMA nº. 358** instituindo o *Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico*.

O documento destaca em seus princípios o direito de todos ao meio ambiente equilibrado, como pautado na Constituição Federal (1988) e em outros instrumentos legais de caráter ambiental, que o poder público deve tomar medidas para evitar a degradação ambiental e no caso de obras ou atividades potencialmente degradadoras deve ser feito o estudo prévio de impacto ambiental. Além disso, de modo abrangente a Portaria ressalta que o valor de uso da biodiversidade é determinado pelos valores culturais, de uso direto e indireto, de opção para uso futuro e também pelo seu valor intrínseco, incluindo os valores ecológico, geológico, genético, social, econômico, científico, educacional, cultural, recreativo e estético. (BRASIL, 2009a).

O Programa identifica em suas diretrizes gerais a valorização do Patrimônio Espeleológico, a integração de ações setoriais, por meio da descentralização e fortalecimento das ações governamentais, o estabelecimento de parcerias e a utilização da abordagem ecossistêmica para a gestão do Patrimônio Espeleológico. (BRASIL, 2009a). Em seus componentes são detalhados os seguintes aspectos:

1. **Conhecimento** - apoio à geração, sistematização e disponibilização de informações;
2. **Conservação** – criação de unidades de conservação e realização de estudos espeleológicos;
3. **Utilização Sustentável** – metas para uso sustentável com ordenamento do espeleoturismo e apoio a práticas e negócios sustentáveis;
4. **Monitoramento, Avaliação, Prevenção e Mitigação** de impactos;
5. **Divulgação** – lançamento da *Revista Brasileira de Espeleologia e implementação do Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE)*;
6. **Fortalecimento Institucional** – fortalecimento da infraestrutura, formação e

fixação de recursos humanos e realização do primeiro curso de pós-graduação lato sensu em Espeleologia do Brasil. (BRASIL, 2009b).

5.3 Poder Legislativo

Imediatamente após a promulgação do decreto 6.640/2008 foi dada entrada em um Projeto de Decreto Legislativo (**PDC-1.138/2008**), em 11 de novembro de 2008, pelo Deputado Federal Antonio Carlos Mendes Thame (PSDB/SP), pedindo a sustação do decreto por exorbitar do poder regulamentar e impedindo a invasão de competência constitucional, sendo por ele considerado como o único diploma legal expedido para proteger e preservar um patrimônio ambiental que prescreve a sua destruição.

O PDC foi encaminhado às comissões da casa ligadas ao tema, tendo um parecer pela rejeição aprovado na Comissão de Minas e Energia, no qual o relator, Dep. José Otávio Germano (PP/RS), ressaltou as dificuldades dos setores de geração de energia elétrica e mineração, atividades de interesse nacional, para obterem licenças ambientais onde existam cavernas, citando os casos de Tijuco Alto, Projetos do Grupo Votorantin e a mineração em Carajás, onde existem inúmeras cavernas.

O parecer foi aprovado por unanimidade na Comissão em 28 de outubro de 2009, ou seja, para o Dep. Germano e demais membros da CME que votaram o Parecer, o Decreto e a destruição de cavernas continua valendo, a despeito do Voto em Separado do Dep. José Fernando Aparecido de Oliveira (PV/MG) pela aceitação do PDC.

Já na Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CMADS) o parecer da relatora, Deputada Dep. Marina Maggessi (PPS-RJ), pede a aprovação do PDC fazendo uma ampla argumentação jurídica sobre o tema. Este parecer foi concluído em agosto de 2010 e ainda não foi votado pela CMADS, aguardando apreciação pelo plenário da Comissão após a realização das eleições gerais em outubro próximo e é proposição sujeita à apreciação do Plenário da Casa.

Deve ainda passar pela Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania e provavelmente ser encaminhado para votação

em plenária, processo esse que ainda deve demorar.

Atualmente, o marco regulatório sobre a conservação e o uso do Patrimônio Espeleológico brasileiro tem como cerne o Decreto 6.640/2008, que permite a destruição de cavidades naturais “mediante licenciamento”. Enquanto a ADI 4.218/09 não é apreciada ou o PDC 1.138/2008 não for aprovado, o Decreto deverá continuar a imperar. Ao mesmo tempo, são esperados inúmeros processos de licenciamento no IBAMA que envolverão supressão de cavernas a partir do segundo semestre de 2010, de acordo com o ICMBio/CECAV.

A proposição legislativa que visa estabelecer um marco regulatório para o uso e a preservação do patrimônio espeleológico brasileiro é o **PL 2.047/2007**. Caso aprovado com seu texto original, o PL simplesmente aumentará a força do Decreto, e de uma maneira permanente, a menos que outras ADIs sejam ajuizadas neste futuro paralelo. Basta ler o texto do Projeto e ver como o Decreto e a IN nº.2 mantêm surpreendente complementaridade.

A mitigação ou não dos efeitos nocivos do Decreto dependerá fundamentalmente do teor da lei ordinária cujo projeto atualmente tramita no Congresso.

O PL 2.047/2007, de autoria do Dep. Marcelo Ortiz (PV/SP) tem tramitação conclusiva pelas Comissões da Câmara dos Deputados, pela ordem: CME (Minas e Energia), CMADS (Meio Ambiente) e CCJC (Constituição). Se houver pareceres divergentes, poderá ser requerida a votação em plenário, antes de o Projeto seguir para o Senado. Três rejeições levam ao arquivamento do PL. Atualmente o PL está tramitando na CME, onde já houve dois pareceres (pela rejeição) e um voto em separado (pela aprovação), num cenário bastante confuso.

O PL 2.047/2007 é praticamente um clone (há “similaridade textual”) do PL 2.832/2003, de autoria do ex-Deputado Hamilton Casara, que havia sido rejeitado em 2006 e arquivado devido à sua não reeleição.

O acompanhamento do PL 2.047/2007 é de extrema importância para que a comunidade espeleológica possa defender seu interesse de conservação do patrimônio espeleológico brasileiro. Não pretendemos aqui

nos ater aos pormenores da tramitação do PL com seus vários aspectos regimentais, por serem muitos e complexos. Entretanto, é possível fazer a consulta dessa tramitação na página principal do sítio eletrônico da Câmara dos Deputados (<http://www2.camara.gov.br>), em “Consulta de Proposições”, selecionando “Projeto de Lei” e entrando respectivamente com seu número e ano. Presentemente o PL aguarda novo Parecer do Relator. A participação da SBE e do ISA nesse processo continua sendo essencial e efetiva.¹

5.4 Poder Judiciário

As ações contrárias ao novo decreto das cavernas continuaram angariando adeptos, como é o caso da Associação Brasileira do Ministério Público de Meio Ambiente (ABRAMPA), que em 26 de novembro de 2008 protocolou uma representação de inconstitucionalidade na Procuradoria Geral da República. O documento foi fundamentado por cinco reconhecidos especialistas em direito ambiental, atuantes no Ministério Público ou em outros órgãos governamentais. (MARCHESAN et al., 2008). De forma complementar foi realizada por Lopes (2009) outra ampla análise jurídica sobre o decreto, a qual chegou à mesma interpretação de inconstitucionalidade.

Esse documento foi encampado pelo procurador-geral da República em 10 de março de 2009, ajuizando uma **Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADIn 4.218/2009)** e pedido de medida cautelar, devido ao risco que corre o patrimônio espeleológico enquanto se aguarda a conclusão do mérito pelo Supremo Tribunal Federal (STF). Devido à relevância da matéria a ação seria julgada em definitivo, por isso não foi aplicada a medida cautelar, contudo, até o momento a ação tramita no Supremo. Nesse período o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), a Associação Brasileira dos Investidores em Autoprodução de Energia Elétrica (ABIAPE), a Confederação Nacional da Indústria (CNI), o Instituto Socioambiental (ISA) e a SBE, ingressaram na ação como *amicus curiae*, que representam os pontos de vista envolvidos, podendo acompanhar de perto a tramitação, além de emitirem seus pareceres ao Supremo.

O ponto central da argumentação do procurador é o fato de as cavidades

subterrâneas naturais serem bens de domínio da União, integrantes do patrimônio cultural brasileiro e também espaços territoriais especialmente protegidos, sendo passíveis de terem seu regime normativo de proteção reduzido somente através de lei em sentido formal. Em outras palavras, a hipótese é a de violação do art. 225, § 1º, inc. III, da Constituição Federal. Entretanto, com o indeferimento da medida cautelar pelo relator a Ação jamais entrou para a pauta do plenário do STF para ser decidida em caráter definitivo a despeito da “indiscutível relevância” do assunto.

Em janeiro de 2010, a Procuradoria Geral da República, com base nas informações encaminhadas pela SBE pede urgência no julgamento da ADI, considerando que o Decreto 6.640/2008 já começa a ter efeito prático com pedidos de anuência para empreendimentos em áreas com cavernas. Entretanto, a Ação ainda aguarda julgamento.

Com a aposentadoria compulsória do Ministro Eros Grau, relator da ADI 4.218/2009, em meados de agosto de 2010, houve uma certa área de “turbulência” para ser atravessada. Os *amici curiae*, SBE e ISA têm estado atentos à redistribuição da relatoria da ADI. Mas, ainda estamos no aguardo da definição de novo(a) Ministro(a) relator(a). O pior é que a tramitação do documento praticamente recomeça da “estaca zero”. Lamentavelmente não se pode esperar qualquer chance de inclusão de pauta da ADI em um futuro próximo.

6. Em caminhos obscuros é necessária uma iluminação apropriada

Percorrendo essa trajetória de fôlegos, labirintos, obstáculos, manifestações e obscuridades decorrentes das alterações drásticas da legislação espeleológica brasileira, observamos que os conflitos ocorreram e continuarão devido a ausência de uma discussão calcada na participação intensa da sociedade civil, no diálogo isento e responsável entre as partes envolvidas, empresários, espeleólogos, ambientalistas, movimentos sociais, comunidade locais, advogados, poder público, universidades, entre outros.

Algumas questões continuam duvidosas e são indicadoras das fragilidades desse documento extemporâneo, como a questão da

sustentabilidade, a responsabilidade social, a preocupação com a dignidade humana e a transgeracionalidade, o princípio da precaução/prevenção, a retrogradação socioambiental e a redução do nível de proteção ambiental, que somente poderia ser feita por lei e com as compensações determinadas. Esses pontos por si só já indicariam aspectos inconsistentes do decreto com a nossa Carta Magna.

Proteger as cavernas implica em possibilitar a conservação do patrimônio cultural e natural brasileiro, além de se evitar os sérios problemas hidrológicos relacionados com aquíferos cársticos. Nosso país ainda carece de dados sobre suas cavernas, necessitando a ampliação das pesquisas, dos levantamentos nacionais e dos diagnósticos da situação dos sítios espeleológicos existentes no território nacional. É preciso, ainda, um amplo programa nacional de formação do espeleólogo, como técnico ou pesquisador.

Transformar um rico patrimônio ambiental ainda bastante desconhecido em cal, cimento e outros materiais ou torná-lo artificialmente alagado de forma duvidosa é relegar a história da humanidade e de suas novas gerações ao saudosismo do que poderia ter sido feito e às dúvidas que permanecerão sobre se foram escolhidas as atitudes e caminhos mais corretos.

Portanto, acreditamos que não há o que se comemorar, nem devemos ver essa situação de forma tão simplista, para ambas as partes relacionadas com o tema. Por outro lado, esse momento pode abrir brechas para um diálogo maduro, responsável e coerente que promova o desenvolvimento socioeconômico sem alijar o patrimônio espeleológico nacional, atrelando essas atividades aos princípios de proteção ambiental, sustentabilidade e gestão ambiental com responsabilidade e ética.

Alertar, mobilizar e propor alternativas é um importante papel da sociedade civil.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Clayton Lino por algumas das imagens e pelo apoio permanente na proteção do patrimônio espeleológico nacional. À toda a diretoria e conselho deliberativo da SBE pelo apoio incondicional e incentivo.

Aos espeleólogos brasileiros envolvidos em atividades e estudos das cavernas brasileiras, mas que deixam uma parte do tempo de suas práticas para participarem de mobilizações e manifestações contra as drásticas mudanças da legislação ambiental de proteção das cavernas.

Ao CECAV pelo trabalho incansável em definir orientações técnico-científicas visando minimizar os efeitos do decreto 6.640/2008.

Aos técnicos da área de Gestão Ambiental e Qualidade da Votorantim Cimentos pela postura coerente de abertura do diálogo, visando aproximações entre o setor mineral e os espeleólogos.

A Associação Brasileira do Ministério Público de Meio Ambiente (ABRAMPA), particularmente ao companheiro Marcos Miranda, que tem acompanhado toda a problemática de perto e empenhado esforços para dar suporte ao tema na parte jurídica.

Ao Instituto Socioambiental (ISA), que tem fornecido suporte jurídico e fortalecido as ações pela inconstitucionalidade do decreto. E à Assessoria Legislativa da Câmara dos Deputados, pelo constante auxílio quanto aos aspectos técnicos do trâmite legislativo.

Referências

- BALAZINA, Afra. Grutas do Paraná serão as primeiras a sumir. **Folha Online**. São Paulo: Folha de São Paulo, 18 maio 2009. Disponível em <http://www1.folha.uol.com.br/folha/ambiente/ult10007u567610.shtml>. Acesso em 18 jun. 2009.
- BRASIL. Decreto nº. 6.640, 07 novembro 2008, Dá nova redação aos arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto no 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. **Diário Oficial da União**. Brasília, n. 218, p. 8-9, 10 nov. 2008. Disponível em: <http://www.in.gov.br/imprensa/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=8&data=10/11/2008>. Acesso em: 10 out. 2009.
- BRASIL. Ministério do Meio ambiente. Instrução Normativa nº. 2, 20 agosto 2009, resolve o grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas será classificado de acordo com metodologia estabelecida nesta
- Instrução Normativa. **Diário Oficial da União**. Brasília, n. 160, p. 68-69, 21 ago. 2009a. Disponível em: <http://www.sbe.com.br/leis/inmma%20%20-08-2009.pdf>. Acesso em: 10 out. 2009.
- BRASIL. Ministério do Meio ambiente. Portaria n. 358, 30 setembro 2009, resolve instituir o Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico. **Diário Oficial da União**. Brasília, n. 188, p. 63-64, 01 out. 2009b. Disponível em: <http://www.in.gov.br/autenticidade.html>, código 00012009100100063. Acesso em: 10 out. 2009.
- DIEGUES, Antonio Carlos. **O mito moderno da natureza intocada**. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1998.
- ENRÍQUEZ, Maria Amélia; DRUMMOND, José Augusto. Mineração e desenvolvimento sustentável: dimensões, critérios e propostas de instrumentos. In: FERNANDES, Francisco Rego C.; MATOS, Gerson M. M. de; CASTILHOS, Zuleica C.; LUZ, Adão Benvindo (ed.). **Tendências tecnológicas Brasil 2015: geociências e tecnologia mineral**. Rio de Janeiro: SGB/CPRM/CETEM/MCT, 2007.
- FIGUEIREDO, Luiz Afonso V. Cavernas brasileiras e seu potencial ecoturístico: um panorama entre a escuridão e as luzes. In: VASCONCELOS, Fábio P. (org.). **Turismo e meio ambiente**. Fortaleza: FUNECE, 1998.
- FIGUEIREDO, Luiz Afonso V. “O ‘meio ambiente’ prejudicou a gente...”: políticas públicas e representações sociais de preservação e desenvolvimento; desvelando a pedagogia de um conflito no Vale do Ribeira (Iporanga-SP). 1999. 489 p. Dissertação (Mestrado em Educação, área de Educação, Sociedade e Cultura) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, 2000.
- FIGUEIREDO, Luiz Afonso V. Políticas públicas, representaciones sociales y la pedagogía de los conflictos socioambientales: um caso educativo brasileiro. **Tópicos em Educación Ambiental**. Guadalajara, México, v.5, n.14, p.52-64, ago. 2006.

- FIGUEIREDO, Luiz Afonso Vaz de. Cavernas e mineração: um diálogo necessário. **In the Mine**. São Paulo: Pacto Editorial, ano 4, n. 21, maio, jun. 2009.
- FIGUEIREDO, Luiz Afonso V. História da espeleologia brasileira: documentação, produção técnico-científica e atualizações cronológicas. In: CONGRESO DE ESPELEOLOGIA DE AMÉRICA LATINA Y DEL CARIBE, 6, 2010, Matanzas. **Anais...** Matanzas, Cuba: SEC; FEALC, 2010.
- IBRAM. Indústria da Mineração - Informativo do Instituto Brasileiro de Mineração, n.24, abr. 2009. Disponível em <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00000200.pdf> Acesso em 30 jan. 2010.
- LABEGALINI, José Ayrton. Turismo em cavernas: FEALC estado da arte-primeira parte, **InformAtivo SBE**. Campinas, SP: SBE, n. 84, p. 20-27, jan. mar. 2003a.
- LABEGALINI, José Ayrton. Turismo em cavernas: FEALC estado da arte-segunda parte, **InformAtivo SBE**. Campinas, SP: SBE, n. 85, p. 22-30, abr. jun., 2003b.
- LINO, Clayton Ferreira. **Cavernas**: o fascinante Brasil subterrâneo. São Paulo: Rios, 1989.
- LOBO, Heros A. S.; PERINOTTO, J. A. J.; BOGGIANI, Paulo C. Espeleoturismo no Brasil: panorama geral e perspectivas de sustentabilidade. **Revista Brasileira de Ecoturismo**. São Paulo: v.1, n.1, p.62-83, 2008.
- LOPES, Mariana Miranda M. A proteção das cavidades naturais subterrâneas e os problemas trazidos pelo decreto 6.640/08. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIREITO AMBIENTAL, 13, 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2009.
- MARCHESAN, Ana Maria M.; RODRIGUES, José Eduardo R.; MIRANDA, Marcos Paulo de S.; CUREAU, Sandra; SOUZA, Zani Cajueiro T. de. Inconstitucionalidades do decreto 6.640/2008 que dispõe sobre o patrimônio espeleológico brasileiro. Disponível em <http://www.abrampa.org.br/pdf/inconstitucionalidades.pdf> >. Acesso em 16 jun. 2009.
- MARRA, Ricardo José Calembo. **Critérios de relevância para a classificação de cavernas no Brasil**. 2008. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, 2008.
- MEDINA, Antônio Ivo de Menezes; CÁSSIO, Jorge Pimentel; SILVA, Roberto da; CUNHA, Fernanda Gonçalves da; JACQUES, Patrícia Düringer; BORGES, Andrea F. Geologia ambiental: contribuição para o desenvolvimento sustentável. In: FERNANDES, Francisco Rego C.; MATOS, Gerson M. M. de; CASTILHOS, Zuleica C.; LUZ, Adão Benvindo (ed.). **Tendências tecnológicas Brasil 2015**: geociências e tecnologia mineral. Rio de Janeiro: SGB/CPRM/CETEM/MCT, 2007.
- MIRANDA, Marcos Paulo de Souza. Decreto 6.640/2008: patrimônio espeleológico brasileiro sob ameaça. **Conexão Subterrânea**. Redespeleo Brasil, n. 73, 03 abr. 2009.
- NOVOS caminhos na legislação de cavernas. **Indústria da Mineração**. Brasília: IBRAM, ano 4, n. 24, p. 6-7, abr. 2009.
- OLIVEIRA, Tébis. O que a mineração tem feito pelo meio ambiente. **In The Mine**. Disponível em <http://www.inthemine.com.br/mineblog/?p=20> >. Acesso em 16 jun. 2009.
- PENNA, Paulo Camilo Vargas. O buraco negro das cavernas brasileiras. **Indústria da Mineração**. Brasília: IBRAM, ano 4, n. 24, p. 8-9, abr. 2009.
- RASTEIRO, Marcelo. Deputado José Otávio Germano apóia a destruição de cavernas. **SBE Notícias**. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Espeleologia, ano 4, n. 110, 11 jan. 2009.
- RASTEIRO, Marcelo. Poder de atuação do CECV é restrito. **SBE Notícias**. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Espeleologia, ano 5, n. 154, 11 abr. 2010.
- SÁNCHEZ, Luis Enrique. Mineração e meio ambiente. In: FERNANDES, Francisco Rego C.; MATOS, Gerson M. M. de; CASTILHOS, Zuleica C.; LUZ, Adão Benvindo (ed.). **Tendências tecnológicas Brasil 2015**: geociências e tecnologia mineral. Rio de Janeiro: SGB/CPRM/CETEM/MCT, 2007.

Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE). **Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil**. Campinas, SP: SBE, 2008. Disponível em: <http://www.sbe.com.br> Acesso em 01 Ago. 2010.

SESSEGOLO, Gisele C.; THEULEN, Verônica. Alternativas para a proteção do patrimônio espeleológico. In: SILVA-DA-ROCHA, Luís Fernando; OLIVEIRA, Karina Luiza de; SESSEGOLO, Gisele C. (org.). **Conservando cavernas**: quinze anos de espeleologia. Curitiba: GEEP-Açungui, 2001.

TEIXEIRA, Paulo Sérgio D.; DIAS, Marcelo S. Levantamento espeleológico da região cárstica de Arcos, Pains, Dorsoópolis, Córrego Fundo e Iguatama, frente às atividades degradadoras. In: Congresso Brasileiro de Espeleologia, 27, Januária. **Anais...** Campinas, SP: SBE; GEO, 2003. Disponível em: <http://www.sbe.com.br/pains/>

[Levantamento%20Espelologico%20-%20Pains.pdf](#). Acesso em: 01 set. 2010.

TRAJANO, Eleonora. Relevância de sistemas subterrâneos: método é essencial. **Conexão Subterrânea**. São Paulo: Redespeleo Brasil, n. 73, 03 abr. 2009. Disponível em: http://www.redespeleo.org/conexao/conexao_73.php. Acesso em: 01 jun. 2009a.

TRAJANO, Eleonora. Escalas temporais e relevância de empreendimentos. **Conexão Subterrânea**. São Paulo: Redespeleo Brasil, n. 73, 03 abr. 2009b. Disponível em: http://www.redespeleo.org/conexao/conexao_73.php. Acesso em: 01 jun. 2009.

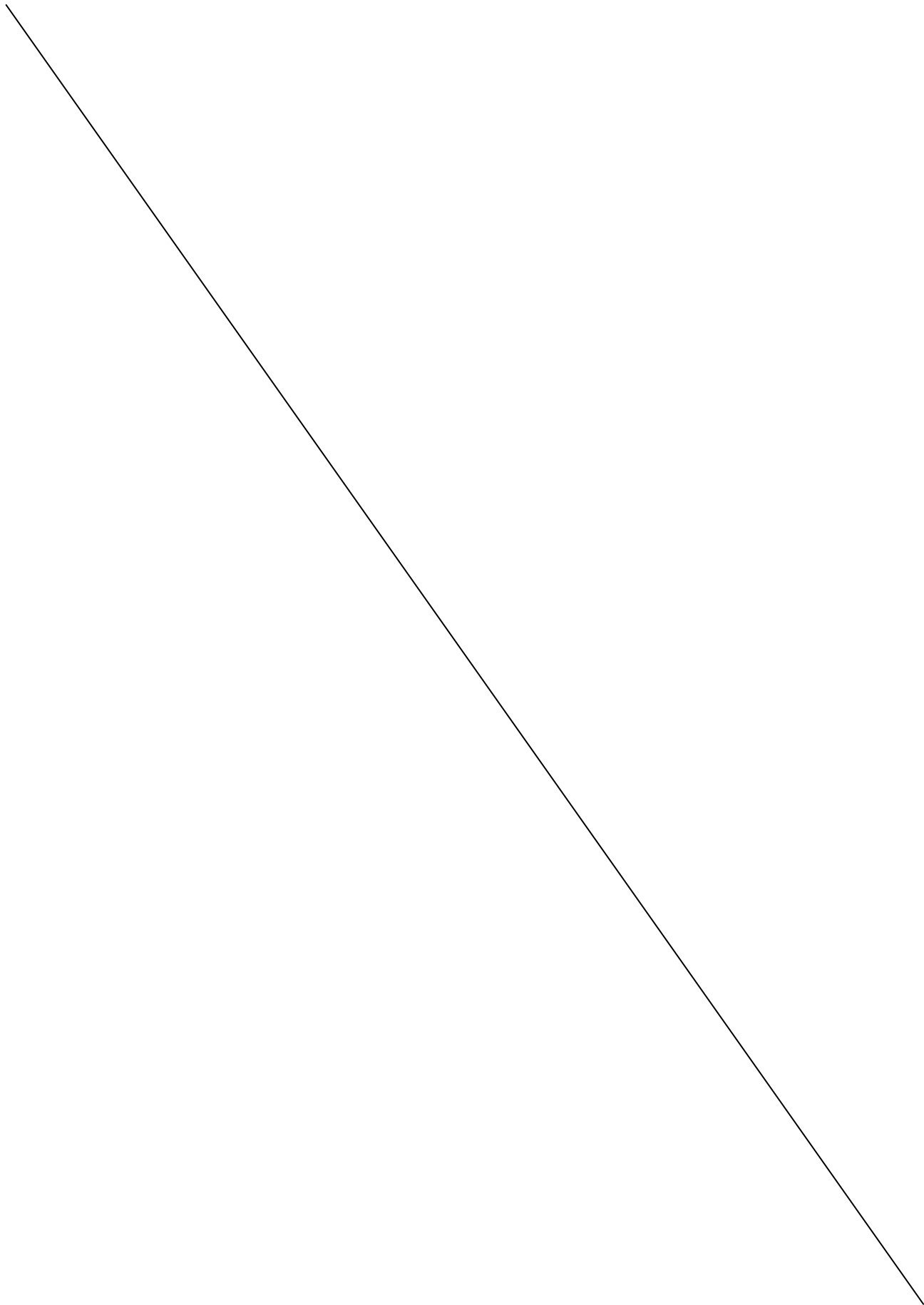
WATSON, John; HAMILTON-SMITH, Elery; GILLIESON, David; KIERNAN, Kevin (ed.). **Guidelines for cave and karst protection**. Gland, Switzerland; Cambridge, UK: WCPA; IUCN, 1997.



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.sbe.com.br/espeleo-tema.asp

¹ A iniciativa de se regular a proteção do patrimônio espeleológico brasileiro partiu do PL 5.071/1990, de autoria do ex-Deputado Fábio Feldman, cujo Substitutivo do Senado Federal encontra-se pronto para a pauta da Câmara há mais de oito anos. Entretanto, atualmente há uma interpretação no Congresso de que o Substitutivo do 5.071 não impedirá a tramitação do 2.047, e se este último chegar ao Plenário, então o PL 5.071 deverá ser avocado e arquivado em função de ser uma proposição legislativa mais arcaica. *A priori* é esta a tendência, mas não seria um bom rumo para a proteção das cavernas brasileiras.



INSTRUÇÃO NORMATIVA MMA 2/09 - MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO DO GRAU RELEVÂNCIA DE CAVERNAS APLICADO AO LICENCIAMENTO AMBIENTAL: UMA PRÁTICA POSSÍVEL?

FEASIBILITY OF BRAZILIAN NORMATIVE ACT "MMA 2/09" FOR CLASSIFICATION OF DEGREE OF RELEVANCE OF CAVES IN THE CONTEXT OF ENVIRONMENTAL LICENSING

Mylène Berbert-Born¹

Serviço Geológico do Brasil – SGB-CPRM – Departamento de Gestão Territorial, Brasília-DF.

Contatos: mylene@df.cprm.gov.br.

Resumo

A instrução normativa MMA 2/09 estabelece o método para avaliação do grau de relevância de cavernas no âmbito dos processos de licenciamento ambiental. A relevância é determinada a partir da avaliação do nível de importância de 45 atributos biológicos, físicos e culturais associados à cavidade, examinados sob enfoque local e regional. Busca-se reconhecer nesses atributos situações de notoriedade, singularidade, expressividade, representatividade e significância, que traduzam valores ecológicos, científicos e culturais a serem preservados ou compensados. O tratamento não sistêmico dos atributos, incertezas, subjetividade, arbitrariedade e precariedade temporal dos estudos são alguns dos problemas detectados, que prejudicam a caracterização do ambiente e distorcem os valores ajuizados. Princípios do processo de licenciamento tais como a viabilidade, exatidão e veracidade dos estudos, assim como potencialização de alternativas, delimitação precisa dos elementos sob risco e decisões seguras ficam comprometidos. Cavernas de relevância máxima não podem sofrer impactos negativos irreversíveis, enquanto as de alta, média e baixa relevância admitem impactos de qualquer magnitude, condicionados à compensação ambiental (Decreto 6640/08). Danos a cavernas de alta relevância estão condicionados a medidas que preservem outras duas similares na região do empreendimento. Essa solução será frequentemente inviável porque os atributos raros, acentuadamente importantes ou fortemente influentes, que qualificam a alta relevância, dificilmente estarão replicados.

Palavras-Chave: Licenciamento ambiental; critérios de relevância; ambientes cársticos; cavernas.

Abstract

The Normative Act "MMA 2/09" establishes a tentative methodology for the evaluation of the degree of relevance of caves in the context of environmental licensing. This relevance is determined by establishing the independent importance of forty-five biological, physical and cultural attributes of the cave, evaluated with both a regional and a local focus. It attempts to identify outstanding characteristics, as well as uniqueness expressiveness and representativeness in relation to ecological, scientific and cultural values that should be preserved, or compensated for if damaged. The problems detected include the non-systemic treatment of attributes, temporal insufficiency of the studies, uncertainty in values, and arbitrarily subjective decisions, and these have led to imprecise delimitation of threatened elements and overall unreliable decisions. Moreover, the exact nature of environmental hazards and the potential loss of the natural heritage remain uncertain. In agreement with Decree 6640/08, caves of maximum relevance must not be submitted to irreversible negative impacts, whereas damage to those of high, medium or low relevance is accepted if compensated for. Moreover, damage to caves of high relevance must be compensated for by measures to preserve two other similar caves in the same region, but this solution will frequently be unfeasible because, in general, rare or especially important attributes will have no equivalents.

Keywords: Environmental licensing; Relevance criteria; Karst environment; caves.

Eixo temático: Opinião
Recebido em: 31.ago.2010

Aprovado em: 11.set.2010

1. Introdução

A Instrução Normativa MMA nº 2 de 20 de agosto de 2009 (IN 2/09, Ministério do Meio Ambiente) estabelece o método para a classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas (cavernas), aplicado ao processo de licenciamento ambiental. A norma regulamenta o artigo 2 do Decreto 99.556/90 (redação alterada pelo Decreto 6.640/08) que prevê:

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.

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.

O presente trabalho faz uma análise da IN 2/09 enfatizando sua abordagem ao meio físico, e algumas repercussões sobre aspectos bióticos e socioeconômicos. A análise está particularmente focada nas aplicações do método em ambientes de rochas carbonáticas (cársticos). A pretensão é avaliar sua eficácia aos objetivos do licenciamento ambiental, considerando os seguintes aspectos:

1. *a exequibilidade do método*: sua viabilidade técnica e implicações financeiras;
2. *a exatidão e veracidade dos estudos*: se o método garante a descrição e qualificação satisfatória da realidade ambiental, apartando subjetividade, omissão, parcialidade ou distorção da realidade;

3. *o risco de perdas ambientais inadmissíveis*: se a aplicação do método (classificação da relevância e impactos permitidos) contempla e potencializa alternativas viáveis, e se delimita com precisão situações que não possam ser mitigadas ou justamente compensadas;
4. *o julgamento fidedigno do órgão licenciador*: se as condições de análise e compreensão dos estudos são favoráveis à decisão.

2. Princípios e estrutura da IN 2/09, comentados

2.1. Atributos de análise

A essência da IN 2/09 está em reconhecer o nível de importância que determinados componentes ambientais – chamados *atributos* – detêm individualmente num determinado espaço formalmente delimitado. O elenco de atributos a serem analisados encontra-se listado na figura 1.

Além de componentes materiais (sedimentos, espécies animais, fósseis etc.), há atributos que procuram expressar processos e fenômenos físicos e biológicos ativos e inativos, que dizem respeito à configuração atual e evolutiva do ambiente espeleológico: os atributos “*gênese, função ecológica, especialização, modelagem, influência*” são aqui compreendidos como expressão de processos; e os atributos “*diversidade, configuração, singularidade, excepcionalidade*” entendidos como fenômenos (ou “padrões”).

Atributos que retratam o cognitivo social sobre esse ambiente ou paisagem – os chamados *atributos culturais* – também encontram variáveis para efeito de ponderação. Os atributos culturais são tratados sob dois aspectos:

- a) quanto às expressões de natureza imaterial – hábitos contemplativos, educativos, recreativos, religiosos (crenças, tradições e rituais) associados ao lugar, textualmente definidos como “reconhecimento do valor, uso e visitação”;
- b) quanto aos bens materiais de caráter arqueológico que atestam ou compõem significação cultural, artística ou histórica.

ATRIBUTO	VARIÁVEL	NÍVEL DE IMPORTÂNCIA		
		Regional	Local	Relevância
- Localidade tipo	- presente	- acentuada	acentuada	Alta
- Espécies com função ecológica importante	- presente	- acentuada	acentuada	Alta
- População residente de quirópteros (por pelo menos 1 ano)	- presente	- baixa	acentuada	Média
- Local de nidificação de aves silvestres	- uso constatado	- baixa	acentuada	Média
- Diversidade de substratos orgânicos (aquáticos / terrestres)	- alta	- baixa	acentuada	Média
	- baixa	- baixa	significativa	Baixa
- Táxons novos	- presente	- acentuada	acentuada	Alta
- Riqueza de espécies (número de espécies)	- alta	- acentuada	acentuada	Alta
	- média	- baixa	acentuada	Média
	- baixa	- baixa	significativa	Baixa
- Abundância relativa de espécies (quantidade de indivíduos)	- alta	- acentuada	acentuada	Alta
	- média	- baixa	acentuada	Média
	- baixa	- baixa	significativa	Baixa
- Composição singular da fauna (grupos pouco comuns)	- presente	- acentuada	acentuada	Alta
- Troglóbios	- presente	- acentuada	acentuada	Alta
- Espécies troglomórficas	- presente	- acentuada	acentuada	Alta
- Troglóteno obrigatório	- presente	- acentuada	acentuada	Alta
- População excepcional em tamanho	- presente	- acentuada	acentuada	Alta
- Espécies migratórias	- presente	- baixa	acentuada	Média
- Singularidade dos elementos faunísticos (enfoque local)	- presente	- baixa	acentuada	Média
- Singularidade dos elementos faunísticos (enfoque regional)	- presente	- significativa	significativa	Média
- Espécie rara	- presente	- acentuada	acentuada	Alta
- Projeção horizontal (em relação à média)	- alta	- acentuada	acentuada	Alta
	- média	- significativa	significativa	Média
	- baixa	- baixa	baixa	Baixa
- Desnível (em relação à média)	- alto	- significativa	significativa	Média
	- baixo	- baixa	baixa	Baixa
- Área da projeção horizontal (em relação à média)	- alta	- acentuada	acentuada	Alta
	- média	- significativa	significativa	Média
	- baixa	- baixa	baixa	Baixa
- Volume (em relação à média)	- alto	- acentuada	acentuada	Alta
	- médio	- significativa	significativa	Média
	- baixo	- baixa	baixa	Baixa
- Estruturas espeleogenéticas	- raras com presença significativa	- acentuada	acentuada	Alta
	- raras	- significativa	significativa	Média
- Estruturas geológicas de interesse científico	- presente	- baixa	acentuada	Média
- Água de percolação ou condensação	- com influência acentuada	- baixa	acentuada	Média
	- com influência	- baixa	significativa	Baixa
- Lago ou drenagem subterrânea	- perene com influência acentuada	- acentuada	acentuada	Alta
	- intermitente com influência acentuada	- baixa (!)	acentuada	Média
	- intermitente com influência significativa	- significativa	significativa	Média
- Diversidade da sedimentação química	- muitos tipos e processos	- acentuada	acentuada	Alta
	- muitos tipos ou processos	- significativa	significativa	Média
	- poucos tipos e processos	- baixa	significativa	Baixa
- Configuração dos espeleotemas	- notável	- acentuada	acentuada	Alta
- Sedimentação clástica ou química	- presente com valor científico ou didático	- significativa	significativa	Média
- Registros paleontológicos (fósseis animais ou vegetais)	- presente	- baixa	acentuada	Média
- Influência sobre o sistema	- alta	- acentuada	acentuada	Alta
- Inter-relação da cavidade com alguma de relevância máxima	- presente	- acentuada	acentuada	Alta
- Reconhecimento do valor estético / cênico	- nacional ou mundial	- acentuada	acentuada	Alta
	- regional	- significativa	significativa	Média
	- local	- baixa	acentuada	Média
- Uso educacional, recreativo ou esportivo	- constante / periódico / sistemático	- significativa	significativa	Média
	- esporádico / casual	- baixa	significativa	Baixa
- Visitação pública (interesse difuso)	- periódica / sistemática	- acentuada	acentuada	Alta
	- esporádico / casual	- baixa	significativa	Baixa

Figura 1. Atributos, variáveis e respectivos níveis de importância para classificação de cavidades naturais subterrâneas nos graus de relevância alto, médio e baixo.

Enquanto a qualificação dos bens materiais requer instrumentos formais de reconhecimento, vez que são remetidos “ao juízo da autoridade competente” (art. 17), as variáveis que qualificam as expressões de natureza imaterial não seguem formalidades. Para estas está valorizado, por convenção, o uso sistemático (ou periódico) sobre o uso esporádico (ou casual), e o quão abrangente do ponto de vista territorial é a “a visita pública” e o “reconhecimento do valor estético/cênico”.

2.2. Nível de importância dos atributos

Pelo método, o grau de relevância de uma cavidade é sustentado na importância individual dos atributos que a constituem. A importância de cada atributo é aferida como “acentuada, significativa ou baixa”, relativamente a dois cenários territoriais: (i) a importância do atributo *para* ou *no* contexto do local onde está a cavidade, em alguns casos admitindo ser estritamente no contexto da própria caverna e da sua área de influência (enfoque local), e (ii) a importância do atributo *para* ou *no* contexto de uma região mais ampla em que está situada a cavidade (enfoque regional).

A análise sob enfoque local considera a “unidade geomorfológica”, expressamente compreendida como aquela que apresente continuidade espacial e que contemple, no mínimo, a área de influência da cavidade² (§2 art. 14); a análise sob enfoque regional leva em consideração o cenário da “unidade espeleológica”, formalmente definida como “área com homogeneidade fisiográfica (...) que pode congrega diversas formas de relevo cárstico e pseudocárstico (...), delimitada por um conjunto de fatores ambientais específicos para a sua formação” (§3 art. 14).

A aceção dessas unidades territoriais de análise no âmbito da norma será examinada mais detalhadamente à frente. Mas está implícito que há sobreposição dos cenários, já que o contexto regional engloba o cenário local. Em razão disso, as análises são forçosamente vinculadas: se determinado atributo é importante num cenário abrangente, será uma distorção considerá-lo menos importante num contexto local que compõe o cenário maior. O oposto não é necessariamente verdadeiro, pois um atributo

pode ser muito importante num contexto pequeno sem representar algo significativo para um cenário mais amplo.

A análise circunstancial da importância do atributo implica bom conhecimento espacial e um controle estatisticamente significativo de todas as variáveis envolvidas na ponderação do atributo, entre as quais, o tempo. A existência de *espeleotemas únicos* (pouco comuns ou excepcionais no contexto de cada enfoque) só é creditada com o apanhado abrangente de espeleotemas de toda a região enfocada. O mesmo ocorre para todos os atributos cuja importância seja função de “singularidade, excepcionalidade, raridade, abundância relativa, dimensão relativa à média, notabilidade, destaque, frequência”.

Analogamente, o *isolamento geográfico* só estará garantido com varredura prospectiva adequada de todo o território em questão, o mesmo valendo para o *endemismo* em suas diferentes escalas, que requer o traçado de toda a geografia da distribuição dos elementos faunísticos e suas determinantes ecológicas. A noção precisa da influência que “uma cavidade” pode exercer sobre um sistema também pressupõe a compreensão global do sistema; e, a própria delimitação do cenário local de análise por definição requer o reconhecimento de toda a área de influência da cavidade, sob os aspectos físicos, bióticos e socioculturais.

Além disso, a presença ou ausência de determinado atributo – por exemplo um componente da fauna ou aspectos da sua ecologia – pode ser casual ou forte função temporal, de toda maneira requerendo suficiência do tempo de observação (Trajano, 2009).

Portanto, toda análise circunstancial demanda ampla e segura investigação espaço-temporal. A realidade é que, para muitas regiões do país o nível ou amplitude atual do conhecimento – formado sob bases técnicas sistemáticas – ainda está longe de permitir a caracterização ambiental da chamada “unidade espeleológica”. Em vista disso há um trabalho dispendioso e intenso preliminar às análises de valoração, o que motiva extrema urgência no detalhamento e implementação das ações e estratégias do Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico (instituído pela Portaria nº 358/2009 do MMA),

em particular relativas ao “Componente 1 – Conhecimento do Patrimônio Espeleológico”.

2.3. Variáveis para classificação do nível de importância contextual dos atributos

O nível de importância dos atributos em cada cenário territorial é definido consoante seu enquadramento em determinados “pré-requisitos” chamados *variáveis*. Essas variáveis visam simplesmente caracterizar a presença ou ausência do atributo (“presente/ausente”), ou ainda qualificá-lo, por exemplo, segundo opções do tipo “baixo / médio / alto”, “significativo / não significativo”, “muitos / poucos”, “constante / periódico / esporádico”. Alguns exemplos são comentados abaixo.

Estruturas geológicas de interesse científico ou *espécies raras* têm um grau de importância exato pelo simples fato de existirem: caso estejam presentes, as estruturas geológicas terão importância acentuada no enfoque local, mas apenas para este enfoque; ao passo que a presença de espécies raras tem importância acentuada tanto no enfoque local como também no regional. Dois aspectos sobressaem:

- (a) Esse tipo de enquadramento evidencia uma hierarquia entre os atributos. No caso, espécies raras são consideradas mais importantes do que estruturas geológicas de interesse científico porque estas últimas não teriam – no entendimento da norma – significância regional.
- (b) Uma questão importante deve ser considerada especialmente quando se trata desses atributos cujo julgamento se dá apenas pela constatação da sua presença: a plena segurança da sua ausência. Tomando-se o exemplo do atributo *registros paleontológicos* (fósseis de animais e vegetais): qual tipo de estratégia ou método de abordagem paleontológica será exigido para que se garanta a sua ausência? Algumas situações serão facilmente resolvidas, outras não. No caso dos fósseis, seria mais prudente adotar dois tipos de variáveis, uma categorizando um “potencial esgotado” (ausência segura de fósseis, salvamento concretizado ou importância *ex situ*), e outra um “potencial não esgotado” (elevada complexidade exigida para a pesquisa ou valor paleontológico *in situ*).

Logicamente, esta última mais restritiva frente possíveis impactos. Em se tratando de atributo representativo da fauna viva, que requer uma amplitude temporal adequada de observação, essa questão se tornará ainda mais crítica: a ausência de uma espécie rara poderá ser seguramente garantida a partir das observações realizadas em apenas um ciclo hidrológico? Interações ecológicas incomuns, espécies não comumente cavernícolas, entre outros, poderão ser firmemente descartados do ambiente em análise no curto período em que serão realizados os levantamentos?

O nível de importância do atributo *riqueza de espécies* por sua vez varia se a quantidade de espécies presentes for considerada alta, média ou baixa, por comparação a outras cavidades do enfoque local: se houver “alta riqueza”, isso terá importância acentuada para os dois enfoques territoriais; mas se a riqueza for considerada média, sua importância será acentuada apenas sob enfoque local. Há um fundamento nessa assunção territorial: generalizadamente, alta riqueza de espécies é uma situação pouco comum no ambiente cavernícola, de forma que se torna uma condição progressivamente mais importante na medida em que aumente a abrangência espacial.

As *estruturas espeleogenéticas* também serão consideradas mais ou menos importantes a depender de sua raridade e se ocorrem de maneira expressiva. Se além de raras forem “significativas”, retratarão atributo de importância acentuada em âmbito local e também regional; mas se não estiverem presentes de modo significativo, a sua importância deixa de ser acentuada em qualquer dos enfoques, passando ao nível de “importância significativa”. As implicações dessa convenção serão discutidas de modo particular no próximo item.

Apenas dois conjuntos de atributos – os que se referem às dimensões da cavidade e o parâmetro de abundância relativa de espécies – possuem quantificação numérica (metros, metros quadrados/cúbicos, média, desvio-padrão, quantidade de indivíduos). Porém, seu enquadramento não é absoluto (importância alta/média/baixa relativamente a um conjunto de dados). Ou seja, são os únicos atributos tratados como variável quantitativa (contínua), embora sejam classificados como variável

qualitativa (ordinal). Os atributos “quantitativos” são comentados a seguir:

No caso da *abundância relativa de espécies*, a qualidade de “alta abundância de espécies” requer a condição em que pelo menos 30% das espécies existentes na cavidade possuam efetivamente abundância alta, determinada pela comparação à abundância constatada em outras cavidades na mesma unidade geomorfológica (excepcionalmente, na mesma unidade espeleológica – §6 art. 16). Do que se depreende, se a cavidade for povoada, por exemplo, por dez diferentes espécies, a “abundância relativa das espécies” só poderá ser considerada “alta” se pelo menos três dessas espécies apresentarem uma quantidade de indivíduos que possa ser considerada abundante tendo em vista a quantidade de indivíduos dessas mesmas espécies em outras cavidades próximas.

Esse critério pressupõe certo nível de homogeneidade na composição faunística do conjunto observado. Em vista disso, pode não ser aplicável em contextos pequenos (enfoque local) que apresentem diversidade microambiental (compartimentos ou domínios ambientais). Como hipótese, é possível que uma “serra calcária” compartimentada em domínio úmido (base do maciço), domínio seco semiconfinado e domínio aberto (respectivamente zonas em contato restrito com o ambiente externo e zonas altas expostas), apresente cavidades com ocupações faunísticas distintas. O critério de ponderação exige alguma superposição das composições faunísticas do conjunto, e a despeito do valor de diversidade ambiental e da alta abundância que possa estar realmente expressa em alguns componentes da biota, seu valor estará reduzido quanto a esse quesito. Lembrando que o art. 16 (§9) requer que a quantificação biológica seja estabelecida a partir de “métodos consagrados cientificamente”.

As *dimensões da cavidade* em termos de projeção horizontal³, área, volume e desnível por sua vez podem ser consideradas “altas, médias ou baixas”, no sentido de “grande, média, pequena”, sempre em função das grandezas médias delineadas no conjunto das ocorrências da unidade espeleológica (tratado como “amostra” estatística). O critério de classificação é balizado por uma medida da

dispersão ou variabilidade dos valores de “tamanho” observados no conjunto em análise – o desvio padrão –, sobrevivendo três categorias dimensionais: (i) tamanho maior que a média e acima do desvio padrão da amostra (variável *alta*); (ii) tamanho mais próximo à média no intervalo de um desvio padrão (variável *média*); e (iii) tamanho menor que a média com valor abaixo do desvio padrão da amostra (variável *baixa*). Implicações práticas dessa matemática também serão discutidas à frente, de modo destacado.

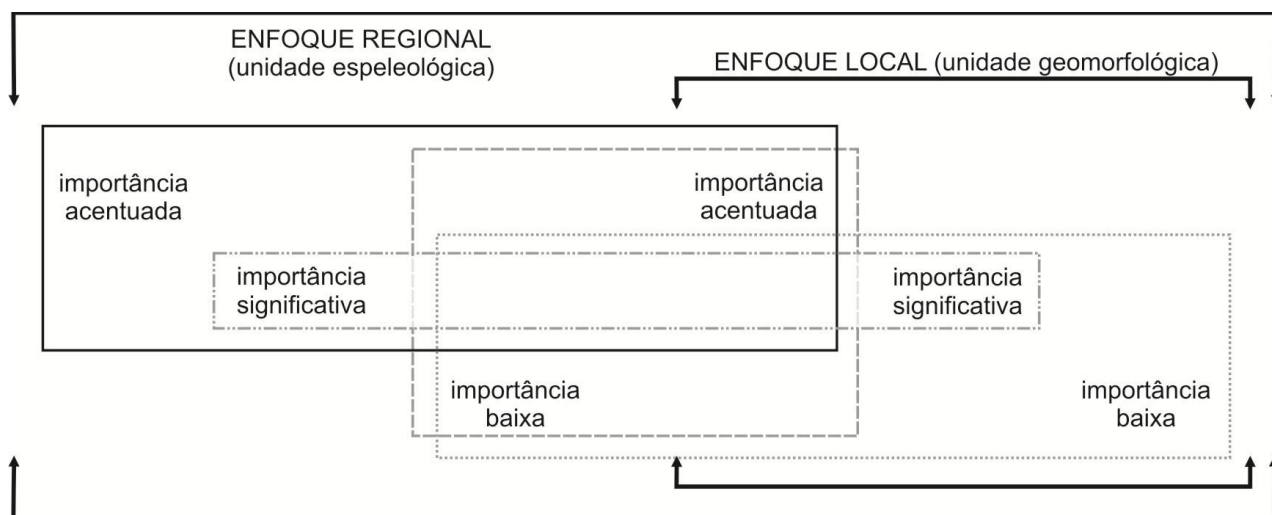
A figura 1 apresenta as variáveis relativas a cada atributo, cujo enquadramento define o nível de importância do atributo para o enfoque regional e para o enfoque local.

2.4. Classificação da relevância da caverna: combinando a importância dos atributos em dois contextos territoriais

A relevância da caverna é por fim estipulada como “alta, média e baixa” aplicando-se regras que combinam o nível de importância dos atributos para cada uma dos cenários de análise, tal como demonstrado na figura 2.

A observação (nota) contida nessa figura trata de combinações não previstas na análise, precisamente combinações em que os atributos admitem nível de importância local menor do que o nível de importância regional. Essas situações são ilógicas, tendo em vista que a unidade geomorfológica é um segmento da unidade espeleológica, conforme já expresso anteriormente (um atributo que seja importante para a região como um todo não pode ser menos importante para a parte que constitui a própria região).

Com o propósito de sanar essas situações, o artigo 13 da IN 2/09 determina que a importância dos atributos seja definida primeiramente no enfoque regional, ou seja, no contexto da unidade espeleológica. O nível de importância definido nessa primeira análise é determinante para a etapa seguinte, uma vez que este será considerado o nível mínimo de importância dos atributos no enfoque local (contexto da unidade geomorfológica). O procedimento segue a “chave de classificação” apresentada na figura 3.



Grau de relevância

Nível de importância

RELEVÂNCIA ALTA	acentuada regional e acentuada local significativa regional e acentuada regional
RELEVÂNCIA MÉDIA	baixa regional e acentuada local
RELEVÂNCIA MÉDIA	significativa regional e significativa local
RELEVÂNCIA BAIXA	baixa regional e significativa local baixa regional e baixa local

Nota:

Algumas combinações não estão contempladas:

- (a) significativa local e acentuada regional
(b) baixa local e acentuada regional
(c) baixa local e significativa regional

Para esses casos, o artigo 13 (parágrafo único) da IN 2/09 faz equiparar a importância local do atributo à sua importância regional. Assim:

- (a) e (b) acentuada local e regional = RELEVÂNCIA ALTA
(c) significativa local e regional = RELEVÂNCIA MÉDIA

Figura 2. Grau de Relevância resultante das combinações entre o nível de importância de atributos nos enfoques regional e local.

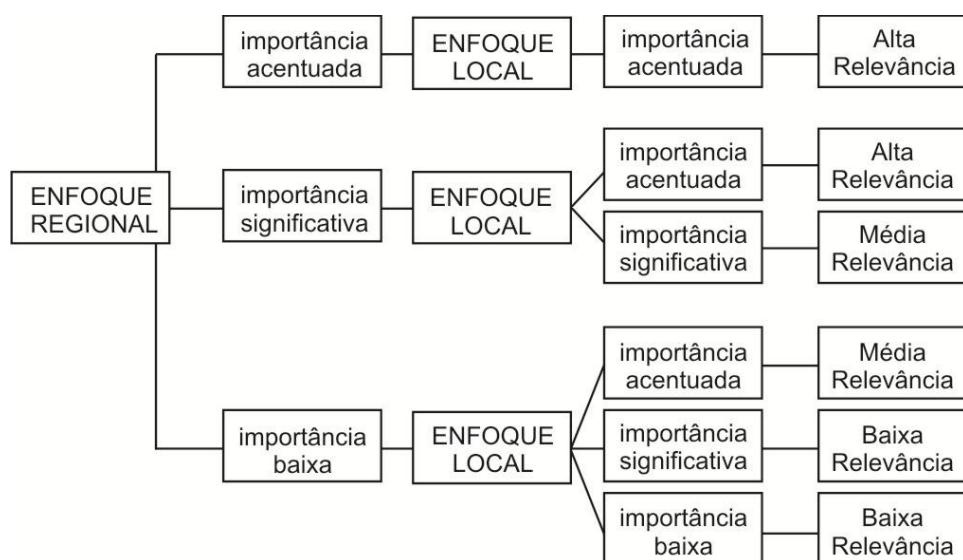


Figura 3. Chave de classificação do grau de relevância, segundo método estabelecido pela IN 2/09 MMA.

Além das classes de relevância alta, média e baixa, também está prevista a categoria de grau “relevância máxima”, a qual tem pressupostos especiais no licenciamento ambiental: uma caverna com esse status e a sua área de influência não podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis (art. 3 do Decreto 99.556/90 alterado); portanto sua existência frente a determinadas intervenções pode determinar a inviabilidade ambiental do empreendimento pretendido.

A relevância máxima é alcançada quando exista pelo menos um dos atributos de especial interesse destacados na figura 4, considerados essenciais ou notáveis pela raridade, especificidade, representatividade ou por sua importância ambiental, científica ou cultural. Pelos termos normativos, o destaque do atributo é examinado frente ao universo do entorno da cavidade, seja a escala local ou regional (art. 2 IN 2/09).

Interessante que a chave de classificação (figura 3) seja entendida como uma aplicação global do método, ilustrando o nível geral de importância do conjunto de atributos presentes, e não mero enquadramento de um ou outro atributo. Cada atributo revela em si um grau “parcial” de relevância da cavidade, embora a classificação final possa ser prontamente definida a partir de um único atributo cujos níveis de importância regional e local alcancem a combinação de melhor qualificação (maior relevância).

Atributos considerados especialmente relevantes

- Gênese única ou rara
- Morfologia única
- Dimensões notáveis em extensão, área ou volume
- Espeleotemas únicos
- Isolamento geográfico
- Abrigo essencial para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies animais em risco de extinção, constantes de listas oficiais.
- Habitat para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies de troglóbios endêmicos ou relictos
- Habitat de troglóbio raro
- Interações ecológicas únicas
- Cavidade testemunho
- Destacada relevância histórico-cultural religiosa

Figura 4. Elenco dos atributos que conferem grau de relevância máximo.

O que se quer enfatizar é que existe uma diferença substancial no valor ambiental de uma cavidade que apresente um grande elenco de atributos que lhe atribuem alta e média relevância comparativamente a uma cavidade que tenha um único atributo determinante de alta relevância entre outros de baixa relevância, apesar da classificação final ser a mesma para ambas: “alta relevância”.

Os estudos ambientais devem caracterizar o ambiente, buscando entender o seu comportamento frente a possíveis intervenções. Mesmo sendo o óbvio, pois estaria prejudicado o artigo 16 da IN 2/09, vale registrar que os esforços não podem ser descontinuados quando constatado determinado atributo que já imponha algum condicionante ao licenciamento, sob o argumento da economicidade. A classificação isolada em um único atributo de maior valor não é parâmetro suficiente à decisão no âmbito do processo de licenciamento, porque todos os possíveis valores perdidos devem ser justamente compensados (princípio da “recuperação e indenização” dos danos causados ao meio ambiente impostas ao poluidor e ao predador – art. 4, VII da Lei 6.938/81).

3. Defeitos de ordem lógica e vícios conceituais da IN 2/09

Como visto, o procedimento metodológico da IN 2/09 está fundamentado no julgamento do nível de importância de atributos, sendo essa importância teoricamente definida conforme a notoriedade, singularidade, fragilidade ou significância dos atributos para dois contextos territoriais, um mais abrangente e outro mais restrito espacialmente. A seguir serão discutidos aspectos que prejudicam, conduzem a erro, e até mesmo inviabilizam esse julgamento.

3.1. Análise contextualizada por convenções controversas

3.1.1. Fundamentos da contextualização territorial e os seus desvios

A análise contextual do nível de importância dos atributos – essência da IN 2/09 – se desenvolve sob dois fundamentos aplicados simultaneamente:

(a) fundamento “discriminante”, que trata de “posicionar” um elemento dentro de um conjunto que tenha características comuns e incomuns plenamente conhecidas. Por esse princípio, a importância do atributo alcança destaque por sua raridade, expressão ou grandeza, enfim, motivada por uma condição especial ou de evidência no conjunto analisado. Embora não seja uma situação explorada na IN 2/09, o “valor de (do) conjunto” torna-se factível na medida em que conjuntos sejam avaliados em contextos espaciais progressivamente maiores.

(b) fundamento “hierárquico”, pelo qual os atributos são organizados em “blocos de importância” escalonados por convenções que devem estar sustentadas em conceitos científicos e culturais consagrados. No caso da IN 2/09, os atributos que qualificam relevância máxima à cavidade estão no topo hierárquico simplesmente porque são reconhecidos como essenciais do ponto de vista ambiental, cultural ou científico, ou porque são particularmente notáveis em relação aos demais elementos (atributos) de avaliação. Abaixo desse bloco há outros cinco níveis hierárquicos essencialmente atrelados à noção de *representatividade espacial*: dois conjuntos de atributos concebidos como mais importantes por sua significância em escala regional; e outros três conjuntos abaixo destes, reunindo os atributos de baixa significância regional. Esses seis níveis de importância dos atributos constituem as quatro classes de relevância que classificam as cavidades – baixa, média, alta e máxima – conforme ilustrado na figura 5.

A dificuldade envolvendo o “fundamento discriminante”, já destacada anteriormente, está na premissa de que o conjunto tratado seja suficientemente conhecido. No que se refere ao “fundamento hierárquico”, as convenções buscam reconhecer a *função* do atributo ou a sua *significância* para o contexto territorial, como se requer. Mas na realidade isso não se efetiva para a maior parte das situações tratadas, com prejuízo ao propósito conceitual da IN, conforme a discussão que segue.

Ser uma *localidade tipo* é atributo de importância acentuada para qualquer recorte territorial, em razão do valor científico implícito,

não contextual. É uma convenção que atende a sua função científica. *Trogloxenos obrigatórios* também têm importância sempre acentuada, seja em âmbito local ou regional; nesse caso, mesmo que se trate de espécie regionalmente ou localmente comum (também ocorra em outras cavidades), portanto fugindo às circunstâncias específicas do contexto territorial tratado. Aqui, está em questão a importância que a caverna pode ter para esses organismos, que dela dependem; e ao mesmo tempo, o importante papel que esses organismos podem desempenhar para a organização trófica, tendo em vista o aporte de nutrientes associado à sua dinâmica de entrada e saída do ambiente. De modo similar, *populações de grupos faunísticos normalmente incomuns em cavernas* são sempre consideradas atributo de importância acentuada, ainda que tais populações venham a ser frequentes no universo específico de cavernas da região em análise. Os atributos citados têm o tratamento de “importância intrínseca” e a sua significância contextual é meramente convencional.

Também é mera convenção que os atributos físicos (i) *estruturas geológicas de interesse científico* (estruturas na “rocha matriz”) e (ii) *registros paleontológicos* sejam ponderados apenas em escala *local* (o artigo 12 lhes imputa baixa importância regional). Esses dois atributos então detêm importância acentuada somente em nível local, mesmo que se trate, por exemplo, (i) de uma estrutura geológica determinante para a organização hidrogeológica e espeleológica regional (tem uma “função” regional), ou (ii) de um elemento de importância taxonômica (e/ou paleoecológica) em âmbito nacional (tem um “significado” regional).

Sedimentação clástica ou química com valor científico ou didático por sua vez alcança importância apenas significativa na análise regional, como também na local. Em termos práticos essa convenção desdenha sua real valia e compromete a sua avaliação porque:

- a sedimentação clástica e química no ambiente subterrâneo é um processo geológico regionalmente singular, se comparado aos processos sedimentares que ocorrem em outros domínios geoambientais, notadamente quanto à precipitação química secundária (“supergênica”);

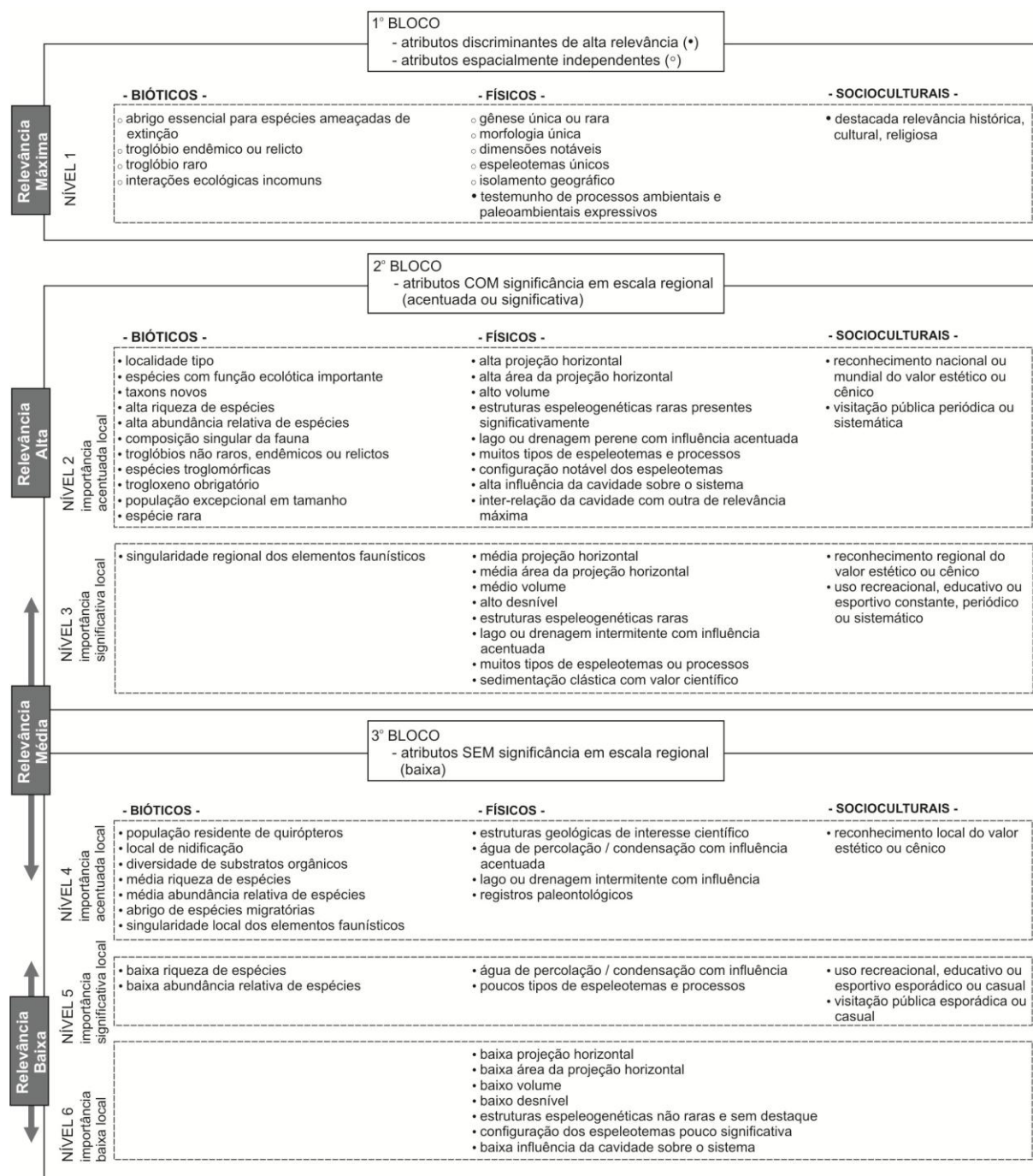


Figura 5. Organização dos atributos de análise em blocos de importância contextual.

– os minerais neoformados (carbonatos) guardam sinais geoquímicos, orgânicos e isotópicos da água a partir da qual foram precipitados, estando estes sinais vinculados às condições climáticas vigentes – variações de temperatura, períodos mais secos ou mais úmidos relacionados a dinâmicas climáticas globais ou locais – fatores que determinam a cobertura vegetal e estrutura do solo, taxas de produtividade orgânica, evaporação, tempo de residência da água. O grande diferencial está na forma

como esses depósitos se organizam, com estratigrafia e microestratigrafia que permitem visualizar os padrões de atividade da água com uma altíssima resolução temporal (décadas, anos, e até mesmo flutuações sazonais), tendo a especial vantagem da amarração cronológica absoluta, em razão do decaimento radioativo do urânio que fica “preso” de maneira seletiva junto aos carbonatos recristalizados (método U/Th). Ver aplicações climáticas e paleoclimáticas de

alguns trabalhos desenvolvidos no Brasil, e referências associadas, em Auler & Smart (2001), Sondag et al. (2003), Cruz Jr. et al. (2006a,b), Wang et al. (2006), Cruz Jr. et al. (2007).

- os depósitos clásticos, peculiarmente distribuídos e conservados em condição privilegiada, também registram amplo espectro de situações ambientais e/ou paleoambientais, que precisa ser rotineiramente analisado no âmbito de “mosaico de ocorrências”; ou seja, é no conjunto (de cavidades) que muitas vezes reside o valor e entendimento dos depósitos sedimentares. Ver exemplo de abordagem regional em Auler et al. (2009).

Essa condição territorial não encontra reconhecimento e amparo na IN, pelo reduzido nível de importância que foi convencionado ao material e à sua função. Além disso, é muito subjetivo definir a “dimensão do valor científico ou didático” que possa ser diferenciado daquilo que define as *cavidades testemunhos* (testemunhos de processos ambientais ou paleoambientais “expressivos”), estas últimas consideradas de relevância máxima.

Uma questão curiosa que vale destacar é a dissociação da análise dos registros *paleontológicos* da análise da sedimentação clástica e química correspondente. Um jazigo fossilífero não é tratado propriamente como um atributo, pois é examinado de maneira “compartimentada”: o jazigo terá importância acentuada em âmbito local – e baixa importância regional – em decorrência exclusiva dos seus fósseis; por outro lado, em nível regional alcançará apenas importância significativa, não pelos fósseis, mas em razão dos sedimentos hospedeiros; ainda que o significado científico seja único ao jazigo como um todo! Essa “ambiguidade” retrata alguma falha da estrutura filosófica do método, a saber, a valoração individual de elementos que mantêm relação causal entre si.

É evidentemente impróprio qualificar a importância de um sedimento fossilífero diferentemente da importância do próprio conteúdo fossilífero, já que a importância deste último não se restringe à significância taxonômica do fóssil. Outras questões inerentes à importância dos fósseis – o contexto ambiental e ecológico quando vivos, indicadores de biocenose⁴, os parâmetros

determinantes ao transporte, deposição e transformações pós-morte, amarras temporais, enfim aspectos paleoecológicos e paleoambientais – em geral não estão guardados nos fósseis em si, mas nos sedimentos em que estão abrigados.

Além disso, os fósseis podem eventualmente descrever padrões regionais de ocupação biológica, em especial os fósseis vegetais, enquanto seus sedimentos hospedeiros demonstram um processo deposicional estritamente local, por exemplo, um depósito de talus. De forma que convencionar a importância dos fósseis a uma escala local, e os *sedimentos clásticos e químicos de interesse/importância científica ou didática* a uma escala regional é um juízo questionável.

Alguns outros exemplos em que as convenções são irreais quanto ao significado ou importância territorial do atributo seguem abaixo.

Estruturas espeleogenéticas (morfotipos da dissolução) são atributos de valor somente se forem “raras” em âmbito regional. Mas o critério de aferição vai além da sua raridade: se ocorrerem de modo “significativo” (estruturas raras e significativas) detêm importância acentuada em âmbito regional e local (= cavidade de alta relevância); se não forem “significativamente” presentes, embora permaneçam com o status de raras em âmbito regional, as estruturas passam ao nível de importância significativa (= cavidade de relevância média).

A importância das *estruturas espeleogenéticas* sob cada enfoque é mera convenção que nem sempre retrata o processo genético propriamente dito, quanto ao seu significado, expressão, amplitude, temporalidade e vínculo com os demais componentes do sistema ambiental em análise. Para estruturas que indiquem, por exemplo, ocorrência de fenômeno paragenético, fica claro que o elemento de avaliação de importância (atributo de relevância) são as estruturas e não o fenômeno paragenético em si. Pois, caso sejam estruturas indicativas de uma paragênese bem restrita ou local, tal como paragênese remontante a um ponto de barramento sazonal em um conduto subterrâneo, desde que sejam expressivas (significativas) em tamanho ou abundância, ganham importância acentuada para todo o

contexto regional; por outro lado, se algumas estruturas paragenéticas mais sutis (não expressivas) forem encontradas ocasionalmente, seu nível de importância é considerado menor que o caso anterior, mesmo que sejam evidências de um fenômeno ou evento paragenético de escala ou abrangência regional.

Além disso, pode-se considerar que *estruturas genéticas raras* são elementos de uma *gênese única ou rara*, senão, uma *morfologia única*, os quais por sua vez perfazem o elenco de atributos que dão à cavidade grau de relevância máxima. É temeroso que diferenças tão sutis e questionáveis sejam critérios que irão distinguir três classes de valores – máxima, alta e média relevância.

Também é reservada uma especial menção ao atributo *diversidade da sedimentação química*, cujo grau de importância é função da diversidade de minerais precipitados a partir das soluções que chegam à cavidade, e também da diversidade de processos determinantes à precipitação química secundária.

Pelo método, situações em que há “muitos tipos de espeleotemas e (*também*) processos deposicionais” representados são consideradas de importância acentuada para os contextos regional e local; mas, quando há “muitos tipos de espeleotemas *ou* (*então*) processos deposicionais”, a situação já não confere status de importância acentuada, caindo para importância de grau significativo em âmbito regional e local. Estas também são convenções que nem sempre encontram justificativas em termos de expressão dos processos envolvidos na conformação do atributo.

O critério que trata particularmente a importância dos *espeleotemas* é o seguinte: se numa cavidade há muitos tipos de espeleotemas (diversidade) e estes, embora diversos, tenham sido formados pelo mesmo tipo de processo (por exemplo, associados a *gotejamento da água*), então se trata de um atributo de importância significativa; por outro lado, se há pouca variedade de espeleotemas, mas os poucos tipos existentes resultam de diferentes tipos de processos (*gotejamento/escorrimento, pequeno fluxo laminar, empoçamento, exsudação...*), então o atributo “*sedimentação química*” também é

qualificado como de importância significativa. Porém, se os espeleotemas apresentam diversidade tipológica resultante da ação de diferentes processos de formação, justifica-se qualificá-los como atributo de importância acentuada.

O sentido prático desse critério está originalmente na noção da complexidade da atuação da água no ambiente, já que a diversidade de espeleotemas é função da atividade e composição da água em suas mais variadas possibilidades (o que não guarda necessariamente nexos com a significância espacial). Em outras palavras, a diversidade tipológica de espeleotemas advém de diversidade genética, sendo então difícil conceber “muitos tipos de processos” (atividade da água) gerando “poucos tipos de espeleotemas”. As conclusões baseadas nos critérios colocados irão variar conforme sutilezas, conforme exemplo abaixo:

Seja a diversidade de espeleotemas resultante de processo considerado “único” (“muitos” tipos e poucos processos): estalactites, estalagmites, colunas, velas, canudos e cortinas formados pelo processo de *gotejamento da água*. O atributo tem importância local e regional significativa. Pela regra, se alguns coralóides e um ou outro travertino de menor expressão forem agregados àquele elenco, justifica-se a maior qualificação dos espeleotemas (muitos tipos de espeleotemas e pelo menos três processos de deposição). Mas na realidade ambiental, coralóides e travertinos são espeleotemas muito comuns e frequentes, e resultam de atividade hídrica que pode ser considerada discreta. Portanto, não há justificativa real para a condição de importância regional acentuada.

Ainda sobre os espeleotemas, restam também imprecisos os qualificadores “muitos” e “diversidade”, bem como tudo o que poderá ser considerado “notável” quanto à *configuração dos espeleotemas*, outro atributo que pretende aferir importância ao seu “aspecto, arranjo e abundância”.

3.1.2. Hierarquia de atributos inerente às convenções territoriais

A hierarquização dos elementos da análise, ou seja, o “escalonamento” da importância relativa *entre* atributos foi uma consequência inevitável das convenções

estipuladas para a o grau de importância ou significado territorial desses atributos. Para muitos casos, essa hierarquia não tem qualquer princípio lógico, portanto fugindo a um “fundamento hierárquico sustentado”. É entendida, então, como uma “convenção condicionada”. Seguem alguns exemplos.

Uma *estrutura espeleogenética rara* impressa na rocha é resultado de dissolução; uma *estrutura geológica de interesse científico* impressa na rocha pode ser determinante à dissolução. Embora a qualificação desses atributos conduza a cavidade a um mesmo grau de relevância (médio), a importância regional assumida para cada um deles é arbitrariamente distinta e ajuizada de maneira imprecisa, conforme discutido anteriormente.

No estrito nível dos atributos, a estrutura espeleogenética é considerada mais importante do que a estrutura geológica, porque a primeira concebe significativa importância regional enquanto a segunda compreende baixa importância regional. Uma está no “nível 3” do esquema da figura 5 (regional significativa e local significativa), e a outra no “nível 4” (regional baixa e local acentuada).

Outro exemplo é aquele que atribui valoração diferente para a água intermitente e para a água perene. Dados os valores territoriais estipulados a água perene é considerada mais importante que a água intermitente. Esse atributo será tratado com particular destaque em item subsequente.

Ainda sobre aspectos físicos, dentre os atributos que descrevem dimensão e organização no espaço rochoso, *área/extensão em projeção horizontal* e *volume* são atributos que sempre alcançam maior qualificação em detrimento da amplitude do *desenvolvimento vertical*, desse modo perdendo-se o valor da diversidade estratigráfica (e morfológica) mais comumente associada às cavernas de maior desnível.

Como exemplo de atributo biológico, *espécies com função ecológica importante* (polinizadoras, dispersoras, morcegos insetívoros) relacionadas a determinada cavidade têm importância regional (e local) acentuada e por isso tal cavidade tem alta relevância; mas, a cavidade utilizada por *espécies migratórias* ou *para nidificação* tem relevância média porque está compreendido

que este outro atributo tem importância apenas sob enfoque local. E assim, está expressamente admitido que espécies com função ecológica importante são mais importantes que espécies migratórias e outras aves da região, à margem de qualquer outro tipo de significância regional que estas últimas possam deter.

Finalmente, a importância territorial conforme os tipos de uso e interesse: a IN convencionou que a *visitação pública sistemática (interesse difuso)* tem sempre importância acentuada (importância regional se a abrangência é regional, importância local se a abrangência é local), enquanto o *uso constante, periódico ou sistemático para fins educacionais, recreativos ou esportivos* alcança, no máximo, importância significativa (regional e local). A qualificação que dará peso final à relevância está então na finalidade do uso, e não na dimensão da frequência ou da sistemática do uso; o que traduz um demérito das finalidades e interesses educativos e desportivos.

Vale mencionar um erro presente nas variáveis relacionadas ao atributo *visitação pública*: a visita “com Plano de Manejo aprovado ou em elaboração” não é uma variável prevista ou presente em qualquer dispositivo da IN. Pelos termos dos artigos 11 e 12, “quando a configuração de atributos sob enfoque local e regional não for considerada de importância acentuada ou significativa (quando não compreender nenhum dos incisos dos artigos 7, 8, 9 ou 10), será, por exclusão, considerada de importância baixa”. Na prática, isso significa dizer que uma cavidade importante ao ponto da visita já encontrar manejo estabelecido ou em vias de se estabelecer tem baixa importância local e também regional, sendo portanto uma cavidade de baixa relevância – uma completa incoerência.

Na verdade, a variável que considera a existência de plano de manejo está necessariamente embutida na variável “visitação periódica ou sistemática”. Não se pode admitir visita sistemática sem plano de manejo, pois é reconhecida como potencialmente lesiva ao patrimônio espeleológico e por isso sujeita ao licenciamento prévio, ainda que simplificado. Se a visita sistemática ocorrer sem

previsão de adequado manejo, tem-se revelada uma situação irregular!

3.1.3. Restrição, especificidade, singularidade versus importância espacial – muitas incertezas

Além da lógica que arbitra a importância relativa entre os atributos, outros tratamentos merecem discussão. Pelo conceito da instrução normativa, a *singularidade dos elementos faunísticos* de uma cavidade denota “especificidade ou endemismo”, sendo tomada comparativamente aos elementos encontrados em outras cavidades, seja no contexto local ou no contexto regional. Mas, especificidade relativa a outras ocorrências e endemismo compreendem os mesmos aspectos?

Um organismo pode apresentar alguma “especificidade” em determinada área por ser incomum ou exclusividade dentre os demais parâmetros dessa área; mas, pode não ser incomum ou exclusividade no contexto de outras áreas. Então não se trata de *espécie rara* – que seria incomum em qualquer contexto – e também não se pode falar de “endemismo”, que conota isolamento e restrição. A fauna com endemismo em âmbito local e apenas local precisa ser encarada como atributo importante para o contexto local e mais importante ainda na medida em que os contextos territoriais sejam ampliados (o endemismo não tem a amplitude regional, é bastante restrita a um local ou sistema). Por outro lado, uma vez afirmado que certo organismo de uma caverna é regionalmente endêmico, não é razoável considerá-lo não endêmico em âmbito local só porque não foi encontrado nas cavidades próximas.

Vejamos ainda, no ensaio abaixo, uma possível “leitura” sobre o atributo *singularidade dos elementos faunísticos da cavidade* sob enfoques territoriais.

Seja o caso de três cavernas justapostas numa serra calcária (unidade geomorfológica), talvez (não se sabe ao certo) conectadas apenas por passagens intransponíveis ao homem; ou seja, três ocorrências distintas sob o ponto de vista legal. No caso sugerido, todas apresentam elementos bióticos idênticos, considerados singulares no âmbito da unidade espeleológica pois inexitem outras ocorrências similares na (macro) região. Mesmo assim, na análise regional este atributo

tem importância apenas significativa, como convencionado. Entretanto, examinando cada caverna em comparação à outra, como a norma requer, pode-se dizer que não há singularidade individual sob enfoque local, pois todas as três cavernas têm os mesmos elementos faunísticos. Então pode-se concluir que o atributo tem baixa importância na escala local.

Pela combinação da importância do atributo “singularidade dos elementos da fauna” no enfoque regional e local, a relevância de todas as três cavidades em julgamento é considerada “média” (importância regional significativa, importância local baixa reorientada para significativa pela chave de classificação); pela regra, todas as três podem ser destruídas, não sendo exigível condicionante que garanta a conservação de ao menos um testemunho desse atributo, mesmo sendo reconhecidas como “únicas” em âmbito regional.

O quadro anterior pode ser o resultado de estudos específicos em um processo de licenciamento ambiental, estando duas das três cavidades hipotéticas da serra calcária na área de um único empreendimento, mas todas analisadas no âmbito de um mesmo estudo. Aqui está implícito que, para atender à contextualização regional das análises, os estudos relativos a esse licenciamento extrapolaram os limites estritos do empreendimento, avançando sobre terrenos de propriedade alheia.

Agora consideremos o licenciamento ambiental de dois empreendimentos (duas minerações contíguas, por exemplo) que abarcam essa mesma serra calcária, processos estabelecidos não sincronicamente. No suposto caso, o primeiro licenciamento prevê a perda imediata daquelas duas cavidades classificadas como de média relevância.

Concluído este licenciamento e a atividade operando, a consecução de outro processo e novos estudos sobre a área ainda não afetada motiva a revisão do grau de relevância do patrimônio restante, dada a nova realidade ambiental estabelecida. Se tiver sobrevivido, a fauna daquela cavidade remanescente (aquela dentre as três que não foi prontamente destruída) passará a ser singular no enfoque local pois já não existem as ocorrências similares, tornando-se portanto

um atributo de importância acentuada nesse contexto. Com efeito, a destruição das duas primeiras induziu maior qualificação àquela restante, que adquire nível de relevância alta no contexto do novo estudo (o atributo passou a ter importância significativa regional e acentuada local).

Cavernas de relevância alta por sua vez podem sofrer impactos desde que sejam preservadas outras duas cavidades com configurações similares (configuração dos mesmos atributos de importância acentuada). Ocorre que, para o caso aventado, cumprir essa condicionante tornou-se impossível em decorrência da própria norma. Isso demonstra que é um método “de auto-digestão”, em médio e longo prazo.

A preservação do exemplar restante dependerá de decisão mais subjetiva do órgão licenciador, pois “(já) não havendo na área do empreendimento outras cavidades representativas que possam ser preservadas sob a forma de cavidades testemunho, o Instituto Chico Mendes poderá definir, de comum acordo com o empreendedor, outras formas de compensação” (§3 art.4 Decreto 99.556/90 alterado pelo Decreto 6.640/08). Ou fará daquela caverna uma “cavidade testemunho”, revertendo tardiamente a sua decisão inicial?

Na hipótese levantada, o atributo *singularidade dos elementos faunísticos* poderia ainda ser entendido e tratado de outra maneira, como elemento de um sistema local único (toda a serra calcária), pois a similaridade faunística resulta de fenômenos que transcendem o preceito da penetratividade dos espaços subterrâneos pelo homem. Aplicando-se os critérios da IN sob essa base conceitual – atributo de um fragmento conhecido do “sistema bioespeleológico”, toda a serra ascenderia ao status de relevância alta e não apenas uma ou outra cavidade.

Não havendo sistema semelhante na região, do ponto de vista da fauna singular, a serra como um todo poderia também ser compreendida como testemunho de processo ou condição ambiental, em âmbito regional, cabendo-lhe a defesa de que se trata de local de relevância máxima.

Esse exemplo mostra que, dependendo de como sucedem as formalidades processuais e o entendimento técnico, o licenciamento

ambiental pode redundar conclusões bastante diferentes para uma mesma situação ambiental. Também ilustra como a relatividade dos atributos, tal como são tratados, pode resultar distorções a respeito do real valor ambiental em julgamento.

3.1.4. A água: um atributo emblemático

A IN 2/09 avalia o atributo *água* de uma maneira muito peculiar. A *água perene* (lago ou drenagem) – apenas aquela que tenha influência acentuada sobre outros atributos que sejam (acentuadamente) importantes em âmbito regional – também é convencionada como de importância acentuada local e regional, ainda que corresponda a um pequeno tributário de uma rede hidrológica de expressão espacial irrisória. Pode ocorrer também que um *lago perene* seja um corpo isolado do contexto hidrológico regional, ou mesmo local, eventualmente mantido com um balanço equilibrado de influxo e defluxo vadoso pontual. Salientando, nenhuma definição é apresentada de modo a se caracterizar os tipos possíveis de “lagos subterrâneos”: o represamento em um grande travertino pode ser, afinal, considerado um lago?

Por outro lado, para a *água intermitente* só é consentida importância em nível local, e caso influencie parâmetros de importância local; ainda que essa intermitência (não necessariamente sazonalidade, dada a terminologia) seja um efeito regional e parâmetro de extrema relevância ecossistêmica.

Os exemplos acima são distorções da real significância territorial da *água*. Ao tratá-la, a norma entende que o caráter de intermitência tem significância territorial menor que o caráter de perenidade, pressupondo que a influência de um corpo hídrico intermitente só pode ser acentuada sobre outros atributos de importância estritamente local. Tal tratamento ignora outros parâmetros que condicionam um corpo aquoso e a sua funcionalidade ou finalidade, tais como:

- (i) o intercâmbio de energia com o ambiente externo ou importação de fontes energéticas que interessam especialmente a fauna: mesmo que intermitente, um corpo ou atividade hidrológica é normalmente parâmetro básico de sustento de todo um sistema biológico de importância acentuada;

- (ii) a diversidade de biótopos e a complexidade do sistema ambiental: da mesma forma, a organização do “espaço biológico”, a distribuição e mobilidade temporal das comunidades, assim como a estruturação trófica, estão vinculadas aos ciclos de aporte e consumo de recursos alimentares introduzidos sazonalmente;
- (iii) a dinâmica genética/evolutiva (física) do ambiente nas diferentes escalas espaciais e temporais, inclusive amarras climatológicas: um lago intermitente numa caverna pode ser expressão regional da variação do nível freático em razão do clima, com periodicidade curta ou de longo termo (cavidade em zona de oscilação freática).

Ocorre que, no método, o verdadeiro qualificador para o atributo *água* é ser perene ou intermitente, conforme textual nos artigos 7 a 10 da IN. Está dispensada apreciação que qualifique o seu vínculo ao contexto hidrogeológico envolvido, o qual prescreve o seu comportamento no ambiente em análise. A dinâmica de fluxo propriamente dita, amplitudes e temporalidade de cheias, seu alcance nos diferentes compartimentos da cavidade, dinâmica energética, bagagem detrítica e respostas físicoquímicas e biológicas de curto a longo prazo, bem como outros fenômenos vinculados a eventos climáticos determinantes da organização física e biológica do ambiente subterrâneo, não são levados à ponderação completa.

Isso pode ser seguramente afirmado porque, pelo método, a influência de um *rio ou lago perene* não alcança todo o elenco de atributos (incisos) que constitui os demais artigos, por exemplo, diversidade de substratos orgânicos, registros paleontológicos e sedimentação clástica e química. Assim como não está previsto que um *rio ou lago intermitente* possa ser influente sobre populações de espécies com função ecológica importante, ou sobre uma fauna de composição singular, troglóbios, espécies troglomórficas, troglótenos obrigatórios ou espécies raras, nem sobre o excepcional tamanho de uma população; não admite também que seja o agente responsável pela configuração notável de certos espeleotemas, ou que sejam os próprios agentes determinantes da diversidade de espeleotemas e processos de deposição, tampouco seja o elemento que mais vincule a cavidade ao

sistema cárstico, ou ainda o atrativo de uma visita sistemática.

A mesma reflexão se aplica à *água de percolação e de condensação*, que oferece condição de umidade ao ambiente: a norma não prevê que essa umidade seja considerada influente sobre algum aspecto de importância regional acentuada, como a fauna citada acima.

De qualquer maneira, uma abordagem mais ampla do comportamento hidrológico estaria prejudicada pela abrangência temporal pouca significativa que a IN requer, o que compromete a própria aferição da interdependência de atributos (influência sobre os atributos). E na prática, a importância dos parâmetros hídricos sequer pede avaliação, vez que está estritamente vinculada à influência que possa exercer sobre outros parâmetros cuja importância já qualifica por si determinado nível de importância.

De forma que a água – parâmetro mais importante da configuração e dinâmica dos ecossistemas cársticos – é “atributo morto” na IN 2/09.

Apenas para fins de registro, vale mencionar ainda que as variáveis previstas para a categorização do nível de importância de um lago ou rio constantes da Tabela II do Anexo I da IN diferenciam a situação em que um corpo hídrico intermitente seja influente sobre um sistema hidrológico ou biológico, da situação em que influencie apenas a cavidade. Essas diferentes variáveis não estão colocadas a termo nos artigos que classificam a importância local e regional dos atributos; e nem poderiam estar porque, se um corpo hídrico for influente sobre o sistema será automaticamente influente sobre a própria cavidade, não sendo, portanto, variáveis plenamente distintas.

3.2. Pressupostos da caracterização temporal dos sistemas cársticos na perspectiva hidrológica

Se por um lado a instrução normativa infere valores aos atributos rigorosamente dentro do conceito de representatividade espacial, por outro lado a carência de representatividade temporal dos atributos dinâmicos compromete muito a aferição de valores. A constatação ou a qualificação das

variáveis previstas para esses atributos dinâmicos (presença/ausência, perene/intermitente, constatação do uso por elemento da fauna, alta/média/baixa riqueza e abundância) pode ser inviável na pequena abrangência de tempo e frequência dos levantamentos requeridos aos estudos.

O artigo 15 da IN determina a coleta e análise de dados multitemporais; e o artigo 16 determina que as informações sejam “suficientes à compreensão do ecossistema cavernícola” (caput), pretendendo “minimamente revelar aspectos (biológicos) decorrentes da sazonalidade climática”. Ao mesmo tempo, esse mesmo artigo 16 admite que os aspectos sazonais sejam levantados em apenas duas amostragens estacionais abarcando um único ciclo (hidrológico) anual (§2º). Examinado na íntegra, o artigo 16 corre grande risco de ser contraditório e inócuo, já que o mínimo exigido acaba sendo, na prática, o mínimo cumprido.

Exceto para situações ambientais mais simples, ou casos de ambientes secos muito confinados e aqueles que disponham de vasta informação prévia, a compreensão do ecossistema cavernícola não será seguramente alcançada com observações de um único ano hidrológico, pois:

- a) A temporalidade das observações está dirigida aos levantamentos biológicos sem que haja vinculação aos aspectos hidroclimatológicos locais e regionais. Via de regra, esses aspectos retratam variações significativas nos ciclos hidrológicos de pequeno, médio e longo termo (intrasazonais a interanuais) relacionadas a diferenças na intensidade, permanência e distribuição das chuvas no decorrer dos dias. Inclusive, não se poderia descartar a importância ecológica das variações hidrológicas de alta resolução temporal, ou seja, da ordem de poucas horas a alguns dias que requerem monitoramento contínuo de eventos de chuva, como será discutido e melhor exemplificado à frente;
- b) No rigor dos termos normativos, a abrangência das duas amostragens pode ser cumprida num intervalo de apenas cinco meses ou até menos, por exemplo uma amostragem em fevereiro (estação chuvosa) e outra no mês de julho subsequente (estação seca). Esse intervalo é insuficiente para a caracterização da

dinâmica ecológica – seus ritmos, padrões e extremos – pois casualmente pode revelar apenas uma condição mais extrema ou anômala do ciclo local e regional, portanto segmentada ou distorcida do padrão do sistema. De modo contrário, se não forem assinalados os eventos extremos de ciclos de maior termo, nada se saberá sobre a condição de resiliência do sistema, restando incerta a real fragilidade ecossistêmica.

- c) Sobre a periodicidade das amostragens, há outra lacuna que diz respeito ao “tempo de resposta” das variáveis ambientais frente às alterações sazonais; ou, como uma condição hidroclimática influencia ou se sobrepõe à outra. Conhecer o tempo de resposta e assim apurar a relação “situação-causa” requer acompanhar as mudanças graduais, considerando todo o ciclo de alterações até que haja reaproximação das condições originais (“iniciais”).

Não se pode perder de vista que o método de valoração das cavidades, escopo da IN 2/09, é apenas uma peça dos estudos ambientais realizados pelo empreendimento para efeito da licença ambiental. Em tese, esses estudos devem abordar análises estatísticas de dados hidroclimatológicos históricos (séries hidroclimatológicas) que permitam avaliar a variabilidade temporal (e espacial) de parâmetros como chuva e vazão de rios. Essas análises podem balizar a abrangência amostral do estudo espeleológico como um todo em função da complexidade do cenário envolvido frente ao tipo de intervenção prevista. A vinculação entre os estudos ambientais e a aplicação do método deveria, portanto, estar em destaque no enunciado deste artigo 16 em particular.

Mas amplas ressalvas devem ser consideradas a respeito de generalizações regionais, tendo em vista que as condições hidrometeorológicas, já naturalmente variáveis no tempo, poderão manifestar muitas particularidades em cada ambiente subterrâneo em exame (cavidade ou sistema) numa mesma região climática, inclusive no que diz respeito à dinâmica atmosférica e condições gerais de umidade internas ao ambiente considerado.

Os parâmetros físicoquímicos da água, volume, vazão, padrões de fluxo, abrangência espacial, permanência e flutuações temporais nos sistemas subterrâneos (ou no pequeno

“recorte” de uma cavidade acessível ao homem), são aspectos de alguma maneira vinculados às condições climáticas prevalentes; mas também dependem das características morfológicas e conteúdo dos condutos, bem como da configuração do pacote rochoso e pedológico acima e à montante do ponto em exame.

Ou seja, como a água se comporta e influencia outros parâmetros de um sistema subterrâneo em particular depende da estruturação da rocha aquífera (espessura, relações com outras litologias, composição-porosidade-textura-estruturas), bem como dos padrões de infiltração e escoamento superficial que caracterizam a recarga subterrânea. A infiltração e o escoamento (superficial e subterrâneo) por sua vez estão relacionados à geomorfologia e estrutura da bacia hidrográfica envolvida, à configuração do epicarste como zona de armazenamento e distribuição da água, bem como às características do solo e da cobertura vegetal sobrejacentes (White, 2002; Perrin et al., 2003a,b; Liu et al., 2004; Toran et al., 2006; White, 2007 e vasta literatura).

A respeito da variabilidade climatológica natural, toma-se o exemplo das chuvas na região cárstica de Sete Lagoas (MG), caracteristicamente bimodal com períodos seco e úmido muito bem delimitados. Séries históricas mostram a irregularidade da distribuição e intensidade dos eventos de chuva ao longo e entre os períodos úmidos⁵. A ampla variação de volumes anuais precipitados, retratada por um coeficiente de variação médio de 24% (Patrus, 1998), expõe a fragilidade de conclusões ecológicas que sejam baseadas em observações e amostragens muito pontuais e em tempo pouco abrangente.

A figura 6 destaca as médias mensais da precipitação nos anos 2000 a 2007 sobrepostas pelo número mensal de dias chuvosos e pela normal climatológica do período entre 1961-1990, dados da estação pluviométrica de Sete Lagoas (fonte www.inmet.gov.br). Muitas situações interessantes podem ser destacadas dos gráficos históricos apresentados, por exemplo:

- inconstância do início do período chuvoso, bem como distribuição amplamente variável ao longo dos meses chuvosos, de ano a

ano; é notável o contraste na distribuição das chuvas ocorridas no verão de 2005/2006 frente ao verão 2006/2007, por exemplo;

- os verões de 2001 e 2006 são marcados por taxas pluviométricas extremamente baixas, ambos precedidos ou sucedidos por verões de pluviosidade bem acima da normal pluviométrica; em 2006 as chuvas estiveram concentradas bem ao início e bem ao final do período úmido, com episódios intensos marcantes (padrão bimodal);

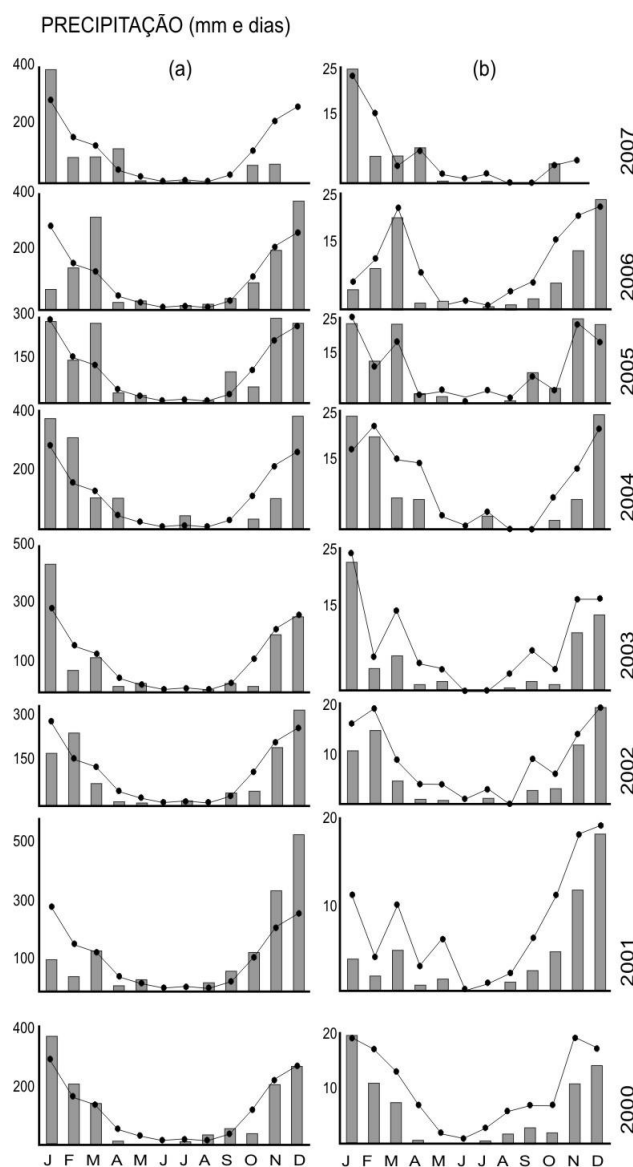


Figura 6. Gráfico das médias mensais de precipitação nos anos de 2000 a 2007 sobrepostas (a) pela normal climatológica do período 1961-1990 e (b) pelo número mensal de dias chuvosos, ano a ano. Estação pluviométrica de Sete Lagoas (MG). Fonte www.inmet.gov.br (consulta em 5/9/2010).

- taxas pluviométricas inesperadamente altas ocorreram ao final da primavera de 2001 e prosseguiram fortemente ascendentes caracterizando uma antecipação do volume de chuvas no verão 2001/2002 e um padrão hidrológico do tipo “avançado”.
- os volumes pluviométricos observados frente ao correspondente número de dias de chuva (figura 6b) falam sobre a intensidade e permanência dos episódios de chuva, evidenciando que determinado volume mensal pode decorrer tanto de chuvas pouco intensas porém bem distribuídas ao longo dos dias do mês, como também da ocorrência de temporais isolados em meio a uma situação generalizada de ausência de chuva no decorrer do mês. É o que está demonstrado no verão 2000/2001, marcado por muitos dias de chuva de menor intensidade, como se depreende dos volumes resultantes; por outro lado, em 2004 estão expressas chuvas mais intensas, dado o grande volume precipitado relativamente ao número de dias chuvosos assinalados.

A inconstância climática, notadamente da chuva, pode estar muito bem retratada em alguns compartimentos subterrâneos (domínios sensíveis às variações), não necessariamente com sincronismo aos eventos superficiais. Quando se trata de “domínio sensível” sob influência de um rio ou lago, dias de chuva amena prolongada provavelmente se manifestarão de modo diferente do que se pode esperar de eventos de chuva torrencial; não só pela amplitude que as cheias podem alcançar nos condutos e salões em função da capacidade de vazão ou descarga do sistema, como também pela maior carga detrítica normalmente introduzida ou remanejada em episódios de chuva mais energética. A composição e distribuição da fauna nesse ambiente tenderá ser distinta para cada situação aventada.

Há situações em que a resposta às variações se manifesta segundo pulsos, cíclicos ou não. Por exemplo, um compartimento pode “extravasar” somente quando atingido o limite da sua capacidade de armazenamento, periodicamente; trata-se de um efeito cumulativo. O “efeito pistão” é um comportamento frequente no epicarste: ocorre acúmulo progressivo de água na zona insaturada até um limite de armazenamento; a

precipitação de fortes chuvas pode causar sobrecarga hídrica e a água previamente estocada é injetada para o sistema aquífero subjacente (Clemens et al., 1999; Aquilina et al., 2006). Muitas vezes essas águas injetadas apresentam assinaturas geoquímicas e isotópicas não correspondentes à assinatura da chuva que está precipitando no período, demonstrando tempo prévio de armazenamento (Perrin et al., 2003b; Barbieri et al., 2005 e diversos).

Em outros casos, a variabilidade superficial é suavizada no ambiente subterrâneo e em razão de maior tempo de residência no sistema aquífero, grandes distâncias entre áreas de influxo e descarga associadas a baixa capacidade de vazão ao longo do percurso, mistura de águas de diferentes origens, ou simplesmente em resposta a uma lenta infiltração difusa em coberturas espessas com alta capacidade de estocagem.

Finalmente, há sistemas complexos com componentes que retratam todas as situações expostas.

Um exemplo interessante de como um sistema subterrâneo pode manifestar determinada condição hidroclimática, função de tempo e espaço, está nos estudos de Ryan & Meiman (1996) realizados em uma bacia cárstica de Kentucky, EUA. A figura 7 traz hidrogramas que retratam o comportamento de uma nascente em resposta a eventos de tempestade, na escala temporal de dois dias e meio.

O gráfico mostra inicialmente a “condição de base” do sistema, com as características de volume de descarga, turbidez e condutividade específica. Segue apresentando o comportamento desses parâmetros após o primeiro e mais intenso episódio de chuva e de outros dois eventos subsequentes. O volume de descarga aumenta súbita e substancialmente como uma rápida resposta às chuvas, fazendo supor uma injeção imediata da água superficial para dentro do sistema e rápido percurso até a sua descarga na nascente. No entanto, nesse intervalo em que aumenta a descarga não há alteração correspondente dos parâmetros turbidez e condutividade, contrariando a idéia de influxo instantâneo, pois além da baixa carga detrítica, a alta condutividade retrata água que teve tempo suficiente em contato com a rocha para

com ela reagir. Pelo gráfico, esses dois parâmetros só começam a variar horas após as precipitações, quando o volume da descarga já está em declínio.

O aumento do volume de descarga quase sincrônico à primeira chuva torrencial demonstra seguramente que o sistema responde rápido às chuvas. Mas o padrão de condutividade sugere que este volume adicional de água estaria previamente estocado em algum compartimento interposto à região de recarga e descarga final, e o seu vertimento forçado num primeiro momento de elevação do volume das cabeceiras.

Com a ajuda de traçadores químicos, pôde-se ainda concluir que a turbidez tardia advém da água infiltrada nas porções mais distais da bacia, local em que as condições pedogeomorfológicas e de uso e ocupação do solo favorecem o carreamento de particulados da superfície, bem como o aporte de contaminantes. De fato, o aumento da turbidez é acompanhado por um pico de contaminação por coliformes fecais, indicando que o transporte e alcance à nascente ocorrem em pulsos que podem variar em tempo e intensidade conforme a intensidade das chuvas nos locais remotos. No caso apresentado, o pulso contaminante não teve sincronismo com a elevação da descarga hídrica, e poderia passar despercebido em uma amostragem planejada à margem da real dinâmica do sistema.

Conforme White (2002, p.102), essa complexa dinâmica temporal e espacial em bacias cársticas tem implicações muito importantes quanto ao monitoramento da água subterrânea (e elementos associados a ela): *“Reliable sampling requires precise timing and a preknowledge of the hydrology of the basin”*.

Em suma, o que se quer destacar é que as observações e amostragens, seja na perspectiva hidrológica ou ecológica de modo geral, devem estar sintonizadas com o comportamento temporal de cada ambiente em particular, de modo que, dentro de um sentido “amostral”, seja contemplado todo o seu espectro de possibilidades, especialmente as possibilidades que fazem toda diferença nos valores dos atributos em julgamento.

3.3. Delimitação das unidades espeleológica e geomorfológica – paradigmas territoriais

De acordo com a instrução normativa, os estudos biológicos devem necessariamente abarcar “o sistema subterrâneo, do qual a cavidade faz parte” (§1 art.16). Conforme o glossário (Anexo II), o sistema subterrâneo é compreendido pelo “conjunto de espaços interconectados da subsuperfície, de tamanhos variáveis (desde fissuras diminutas até grandes galerias e salões), formando grandes redes de espaços heterogêneos, que podem ser preenchidos por água ou ar”.

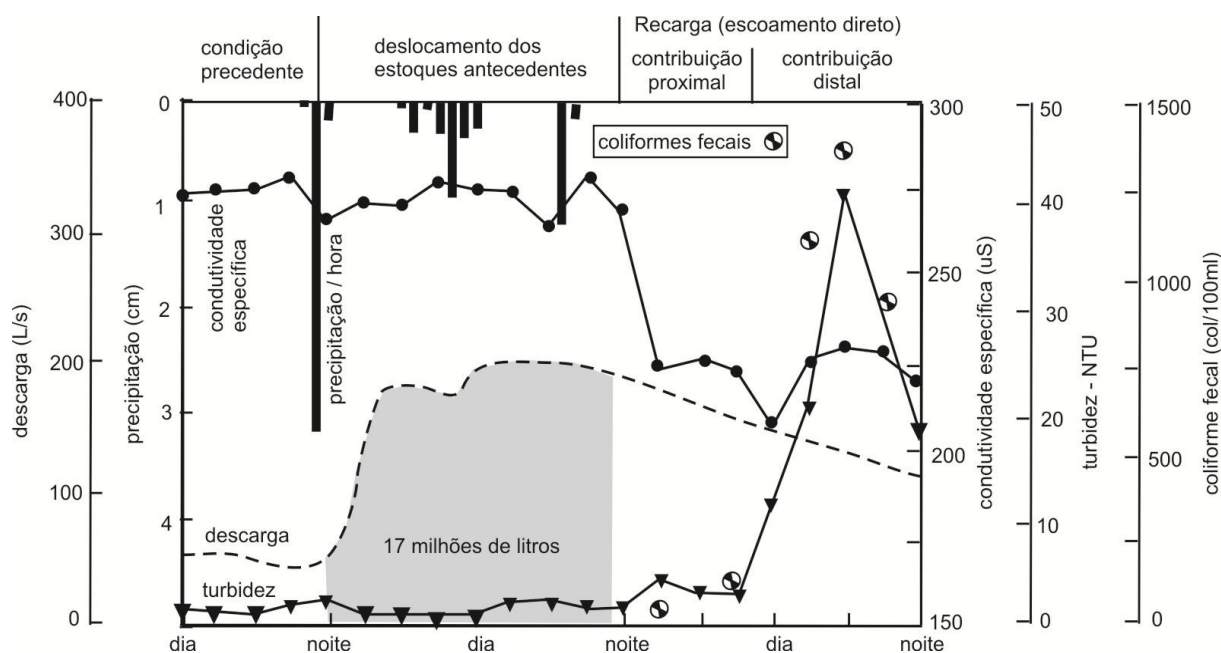


Figura 7. Hidrogramas e parâmetros químicos da nascente “Big Spring” (Kentucky, EUA) relativos a um evento de tempestade ocorrido em Setembro de 1992 (Ryan & Meiman, 1996).

A dificuldade está na impossibilidade de se fazer o “raio-x” dos espaços subsuperficiais inacessíveis que demonstre o alcance da sua conectividade. Ou seja, há grande incerteza nos limites do sistema subterrâneo definido como unidade elementar da análise biológica. Esse sistema poderá corresponder a todo um aquífero, extrapolando diversas bacias hidrográficas; em outras situações pode ser compreendido como uma subunidade geológica inteira de expressiva distribuição geográfica. Um paradigma extremo: qual a dimensão ecológica da influência que o sistema aquífero Urucua-Areado (granular-arenítico) pode exercer sobre o aquífero Bambuí (cárstico) subjacente, notadamente nas áreas cársticas e sistemas espeleológicos adjacentes àquelas coberturas cretácicas?

Sem perder de vista que, ao menos para os atributos biológicos, as pesquisas deverão abarcar todo o sistema subterrâneo, os estudos espeleológicos de uma maneira geral devem apresentar informações sob os enfoques local e regional, cujas delimitações estão definidas no art.14 e Anexo II da IN. A unidade elementar para as análises do enfoque local é a área de influência da cavidade, sendo eventualmente mais abrangente quando possível englobá-la em uma “*unidade geomorfológica que tenha continuidade espacial, podendo abranger feições como serras, morrotes ou sistema cárstico, o que for mais restritivo em termos de área (...)*” (§1 art.14).

As definições para sistema cárstico e área de influência da caverna encontram-se no glossário da instrução normativa:

Sistema cárstico: conjunto de elementos interdependentes, relacionados à ação da água e seu poder corrosivo junto a rochas solúveis, que dão origem a sistemas de drenagem complexos, englobando sistemas de cavernas e demais feições superficiais destes ambientes, como as dolinas, sumidouros, vales secos, maciços lapieasados e outras áreas de recarga. Incluem-se neste conceito todas as formas geradas pela associação de águas corrosivas e rochas solúveis que resultam na paisagem cárstica. É constituído por suas diversas zonas: exocarste, epicarste e endocarste.

Área de influência da caverna: área que compreende os elementos bióticos e abióticos, superficiais e subterrâneos, necessários à manutenção do equilíbrio ecológico e da integridade física do ambiente cavernícola.

As análises sob enfoque regional por sua vez devem observar os limites da unidade espeleológica, esta definida como “*área com homogeneidade fisiográfica, geralmente associada à ocorrência de rochas solúveis, que pode congrega diversas formas do relevo cárstico e pseudocárstico tais como dolinas, sumidouros, ressurgências, vales cegos, lapíás e cavernas, delimitada por um conjunto de fatores ambientais específicos à sua formação*” (§2,3 art.14).

De imediato sobressai a falta de clareza das terminologias adotadas, pois a unidade geomorfológica, sendo área espacialmente contínua que pode abranger todo o sistema cárstico, neste ponto se confunde com a unidade espeleológica. Um problema reside na inespecificidade de como um território – naturalmente diversificado – pode ser delimitado por um “conjunto de fatores ambientais específicos à sua formação”; outro problema talvez esteja na carência de um tratamento taxonômico formal dos elementos geomorfológicos (unidades morfoestrutural, morfoescultural, morfológica-padrões, formas-tipo, formas-vertente, formas-processos, por exemplo) e geológicos (supergrupo, grupo, formação, membro, fácies). Além dessas questões, a abordagem territorial proposta é colocada em dúvida quanto aos seus princípios, como discutido a seguir.

Tendo como base os conceitos explorados no tópico anterior (item 2.3), a definição de “sistema cárstico” presente no Anexo II da IN 2/09 nada mais é que o traçado elementar de uma bacia hidrográfica, cujo diferencial é estar – ao menos em parte – estabelecida em rochas solúveis; o sistema pode compreender áreas não cársticas se houver aporte hídrico alóctone ao compartimento carbonático propriamente dito. Ainda pela definição, a “paisagem cárstica”, com todas as suas possíveis formas superficiais e subterrâneas tais como serras, morrotes, dolinas, sumidouros, vales, maciços, lapíás e cavernas, é elemento indissociável do sistema (ou da bacia), ao tempo que naturalmente o descreve.

Seria uma concepção muito interessante adotar as sub-bacias cársticas como uma unidade de análise, e a área de influência da cavidade como outra unidade de análise, ambas complementares. Com esse sentido, o exame de cada cavidade deve iniciar pelo seu posicionamento na bacia hidrográfica, situando-a, numa perspectiva sistêmica, em determinado compartimento funcional dessa bacia. As principais variáveis ambientais que se interrelacionam com a cavidade – influenciam ou dependem dela – e o seu grau de complexidade ambiental já estariam delineados nesse momento da análise.

No entanto, uma confusão foi estabelecida quando a redação se desvia da percepção funcional da paisagem e foca elementos meramente descritivos: uma serra, morrote ou feição com continuidade espacial, o *que for mais restritivo em termos de área*. Esse reducionismo inclusive invalida completamente o envolvimento do “sistema cárstico” na análise, restando-lhe de concreto apenas sua definição no papel, sem qualquer efeito prático, já que a análise sempre estará recortada em um dos elementos constituintes desse sistema – aquele que for mais restritivo em termos de área. Em muitas situações a análise estará essencialmente reduzida à área de influência da caverna, que tanto pode ser ampla, como muito restrita.

Da maneira como estão postas, as contextualizações territoriais são mais uma expressão do caráter cartesiano da instrução normativa, preocupada em ponderar partes de um sistema à margem do peso e valor das suas interrelações em diferentes escalas. A IN 2/09 é um instrumento na contramão do pensamento sistêmico e processual, fugindo à matéria acolhida pelo próprio Ministério do Meio Ambiente:

"(...) Uma visão que considere apenas um aspecto é reduzida porque não leva em consideração o sistema, a organização, a heterogeneidade ou a complexidade do lugar. Não considera a dinâmica de funcionamento do espaço em que vivemos.(...) É nessa condição que usamos o termo complexidade do meio, ou seja, quando podemos constatar uma heterogeneidade de elementos estruturais e ligações funcionais de diversas ordens de intensidade dentro e entre os

subsistemas. Algumas vezes, a heterogeneidade medida pela quantidade de elementos que compõem o sistema é pequena numa dada região, mas ele apresenta um amplo espectro de respostas quando sofre um distúrbio. É por isso que precisamos observar a diferença entre sistema complexo e sistema de comportamento complexo.(...)" (do livro “Vulnerabilidade Ambiental - Desastres naturais ou fenômenos induzidos?” Publicação da SRH/MMA - Santos & Caldeyro, 2007, p. 20-21.).

Portanto, para se atribuir valor a um componente de determinado sistema ambiental, no caso, cavidades em um ambiente cárstico, é imprescindível que toda a sua cadeia relacional seja conhecida, de modo que seja possível avaliar quais parâmetros estão efetivamente associados a esse componente e o quanto esses parâmetros dependem ou influenciam o componente que está em juízo. Na perspectiva de interferências, seja possível responder às seguintes perguntas (Santos & Caldeyro, 2007):

"- Em que ponto do sistema estamos interferindo?

- Se provocarmos uma perturbação em uma dessas ligações (funcionais), qual a consequência para a cadeia?

- E se essa ligação for frágil?

- Qual a relação entre esses elos da cadeia, a persistência e a resiliência do meio que eu planejo?

- Qual o grau de desorganização que eu estou induzindo?

- É um sistema de comportamento complexo?(...)"

No sentido dessa análise, seria mais apropriado tratar o território em que está situada a cavidade na perspectiva dinâmica e organizacional de um “geossistema”, concepções de Sotchava (1977) e Bertrand (1972) – com suas respectivas subdivisões taxonômicas (zona, domínio, região, geossistema, geofácies, geótopo – Bertrand, 1972), condicionantes sociais, econômicos e técnicos (revisões em Rodrigues, 2001; Sales, 2004).

Resta saber se os Estudos de Impacto Ambiental terão a abrangência territorial/temporal, a profundidade e o dinamismo

suficientes para dar pleno suporte aos estudos espeleológicos.

3.4. O significado estatístico das variáveis de dimensão

Como já colocado, os atributos que descrevem as *dimensões* das cavidades subterrâneas (extensão, área, volume e desnível) são qualificados conforme os padrões percebidos no conjunto de cavidades que constituem o cenário da unidade espeleológica. Ou seja, as dimensões não são tratadas em função dos seus valores absolutos, mas em relatividade aos dados que descrevem a “população” (amostra) regional. Pelas regras da IN uma cavidade com 100 metros de extensão pode se destacar numa região de cavernas que tenham poucas dezenas de metros, enquanto em outra região seja apenas uma cavidade que está na média entre as demais ocorrências.

O critério para aferir se as dimensões são grandes, médias ou pequenas baseia-se estritamente em dois parâmetros descritivos do conjunto de dados: a média (aritmética) e o desvio padrão. Estes são parâmetros que delineiam, respectivamente, a tendência central do conjunto e a variabilidade ou dispersão dos dados (o quanto eles se distanciam da média). Quanto menor o desvio padrão, mais homogêneo é o conjunto tratado, e mais “representativa” é a média.

Porém, esses dois parâmetros não são capazes de descrever completamente as características do conjunto. É essencial considerar ainda a *amplitude* total dos dados e a *forma* como se dá a dispersão em relação à média (simetria e curtose). Estes últimos são especialmente determinantes para a análise de agrupamentos de cavernas quando se trata de verificar a extensão do desenvolvimento, pois tais agrupamentos em geral apresentam uma forte assimetria (positiva) dos valores, bem como valores muito extremos ao conjunto, que podem tornar a média e o desvio padrão impróprios como critérios de avaliação, como se verá nos exemplos a seguir.

São examinados cinco conjuntos de cavernas, cada qual em situação de ampla abrangência territorial e diversidade geomorfológica. Para efeito de ensaios, os conjuntos são representados pelas cavernas dos municípios de Pains (n=299) e Matozinhos

(n=217) em Minas Gerais; Mambai (n=63) em Goiás; São Desidério (n=40) e região da Serra do Ramalho englobando os municípios de Carinhanha, Coribe, Serra do Ramalho, Feira da Mata e ainda Santa Maria da Vitória e Santana (n=137), todos na Bahia. Os dados são oriundos do Cadastro Nacional de Cavernas da Sociedade Brasileira de Espeleologia (CNC-SBE, setembro/2010) e reportam a extensão das cavidades em termos do desenvolvimento linear ou da projeção horizontal de seus condutos e salões, conforme suas definições formais.

A figura 8 reúne todos os parâmetros descritivos dos conjuntos citados (medidas centrais, separatrizes, dispersão, assimetria e curtose) e respectivo desenho esquemático ou *Box Plot*, onde são mostrados os limites acima dos quais os dados são considerados estatisticamente discrepantes (*outliers*, acima de $[Q_3 + 1,5(Q_3 - Q_1)]$; $Q_1 = 1^\circ$ quartil, $Q_3 = 3^\circ$ quartil).

A tabela 1 apresenta os dados por distribuição de frequências de cada conjunto. Os dados mostram que as regiões diferem bastante:

- Pains apresenta-se como um conjunto de cavidades menores, apesar de ter a 3ª maior amplitude de valores (~3350 metros). As cavernas têm, em média, cerca de 70 metros de desenvolvimento, mas metade das 300 ocorrências registradas tem menos de 20 metros de extensão; 75% das cavernas têm menos de 40 metros, e 90% delas são menores que 150 metros.
- Matozinhos também retrata um conjunto de cavernas em geral pequenas; a distribuição também está concentrada nos valores pequenos: têm cerca de 100 metros de extensão em média, sendo que metade dos registros (110 registros) são cavidades menores que 50 metros, 75% menores que 100 metros e 90% menores que 250 metros. Sua amplitude alcança 2614 metros.
- Mambai já apresenta um conjunto de cavernas em geral um pouco maiores, tendo em média 200 metros de extensão; metade dos registros (31) tem menos de 80 metros de desenvolvimento; 75% têm menos de 300 metros e 90% das ocorrências não chega a 500 metros de extensão. É a população mais homogênea, com coeficiente de variação de 1,36% (menor

razão entre o desvio padrão e a média – σ/μ).

- São Desidério apresenta-se como um conjunto muito semelhante ao de Mambai em termos da posição da concentração, dispersão e assimetria, conforme demonstra o *Box Plot* da figura 8. Uma significativa diferença entre os dois conjuntos está na média dos valores, dado que para São Desidério as cavernas têm em média 500 metros de extensão. Ocorre que a amplitude dos valores deste conjunto, definida pela existência de cinco ocorrências consideradas discrepantes na população, com medidas entre 1945 e 4710 metros, é muito maior que a amplitude do conjunto de Mambai, que apresenta quatro valores considerados discrepantes, entre 756 e 1696 metros. Consequentemente, o desvio padrão expresso para a população de São Desidério é relativamente maior que na população de Mambai. O exame comparativo entre esses dois conjuntos é interessante, já que metade das cavidades de São Desidério tem no máximo 100 metros de extensão (104 metros, precisamente), enquanto 75% tem até 300 metros, praticamente os mesmos valores da população de Mambai. O valor de 1962 metros tabelado para o percentil P_{90} de São Desidério deve ser observado com cautela, pois se trata do 36º valor do rol; o 35º valor, que representa 87% do conjunto, é relativo a uma cavidade com “apenas” 700 metros de extensão, o que significa que 87% das cavidades desse mesmo conjunto têm no máximo 700 metros enquanto 85% têm menos de 500 metros – uma diferença absoluta importante (500 até 1962 metros), mas percentualmente inexpressiva (85 a 90%).
- Serra do Ramalho é evidentemente um conjunto de cavernas maiores, que apresentam cerca de 900 metros de desenvolvimento, em média; mas, como os demais conjuntos, também é constituído por uma boa proporção (50%) de cavidades relativamente menores, neste caso, com menos de 200 metros de desenvolvimento; aqui, 75% das cavernas têm menos de 600 metros e cerca de 90% das ocorrências têm menos de 2000 metros (apenas 15 dos 137 registros têm mais que 2000 metros). A presença de cinco cavernas que estão no

elenco das 20 maiores do Brasil (mais de 7000 metros de extensão) dá ao conjunto uma amplitude muito grande de valores, com implicações óbvias sobre a média regional e o desvio padrão da população.

	Pains	Matozinhos	Mambai	S.Desidério	Sa.Ramalho
A	3347	2614	1693	4705	16395
μ	68	106	212	501	926
Md	20	35	90	104	200
σ	233	248	289	1023	2437
cv	2,33	3,41	1,36	2,04	2,63
dm	79	110	192	618	1170
Q1	12	20	42	42,5	47
Q3	40	100	276	300	590
dq	28	80	234	257,5	543
Ls	82	220	626	687	1405
out (>)	292	340	510	1587,5	3305
out (%)	3,37	5,50	8,06	12,5	5,84
P10	7	10	30	20	20
P90	150	245	462	1962	2164
K	0,098	0,170	0,270	0,066	0,127

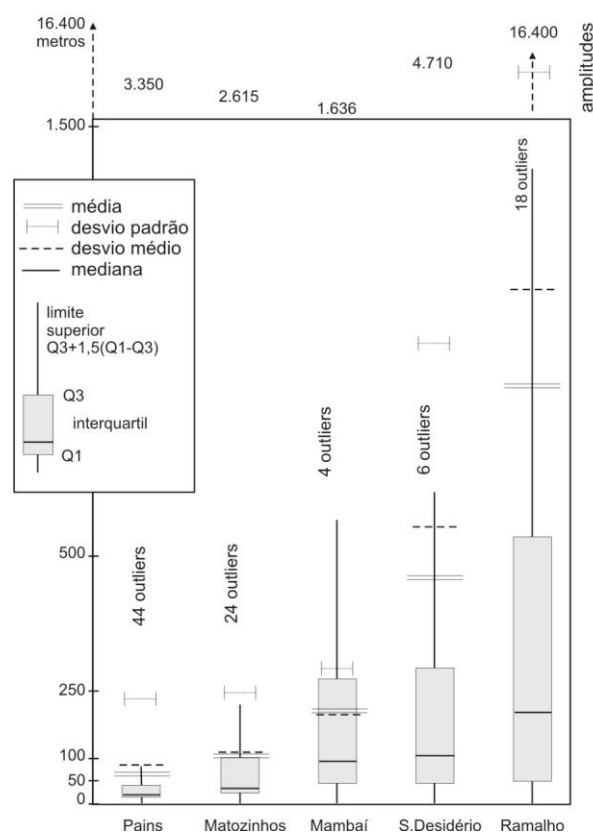


Figura 8. Parâmetros descritivos da extensão (DL/PH) de cavernas e *Box Plot* ilustrando a posição, dispersão, assimetria e caudas dos dados tabelados, para cinco regiões cársticas. Amplitude (A); média (μ); mediana (Md); desvio padrão (σ); coeficiente de variação (cv); desvio médio (dm); primeiro quartil (Q_1); terceiro quartil (Q_3); desvio interquartil (dq); limite superior (L_s); valores discrepantes (out.); percentil 90º (P_{90}); percentil 10º (P_{10}); curtose (K).

Tabela 1: Dados da extensão (DL/PH) de cavernas em cinco cenários territoriais diferentes, organizados por distribuição de frequências.

valor (m)	freq.abs	freq.acum	freq.relat	freq.relat.acum
Pains				
1 ---25	181	181	60,54	60,54
25 ---50	61	242	20,40	80,94
51 ---100	18	260	6,02	86,96
101 ---200	21	281	7,02	93,98
201 ---500	15	296	5,02	99,00
501 ---1000	1	297	0,33	99,33
1001 ---2000	1	298	0,33	99,67
> 2000	1	299	0,33	100,00
Matozinhos				
1 ---50	132	132	60,83	60,83
51 ---100	38	170	17,51	78,34
101 ---150	14	184	6,45	84,79
151 ---200	9	193	4,15	88,94
201 ---300	8	201	3,69	92,63
301 ---500	11	212	5,07	97,70
501 ---1000	2	214	0,92	98,62
1000 ---2000	2	216	0,92	99,54
>2000	1	217	0,46	100,00
Mambaí				
1 ---50	28	28	44,44	44,44
51 ---100	6	34	9,52	53,97
101 ---250	13	47	20,63	74,60
251 ---500	11	58	17,46	92,06
501 ---1000	4	62	6,35	98,41
> 1000	1	63	1,59	100,00
São Desidério				
1 ---50	11	11	27,50	27,50
51 ---100	9	20	22,50	50,00
101 ---250	8	28	20,00	70,00
251 ---500	6	34	15,00	85,00
500 ---1000	1	35	2,50	87,50
1001 ---2000	1	36	2,50	90,00
2001 ---4000	3	39	7,50	97,50
> 4000	1	40	2,50	100,00
Serra do Ramalho				
0 ---50	40	40	29,20	29,20
51 ---100	15	55	10,95	40,15
101 ---200	18	73	13,14	53,28
201 ---500	27	100	19,71	72,99
501 ---1000	14	114	10,22	83,21
1001 ---2000	8	122	5,84	89,05
2001 ---5000	10	132	7,30	96,35
5001 ---10000	2	134	1,46	97,81
> 10000	3	137	2,19	100,00

Uma característica comum a todos os conjuntos é a forte assimetria da distribuição dos dados (figura 8), que afasta significativamente a média da mediana. Ou seja, a maior parte dos dados é constituída por valores pequenos, e a média, como o desvio padrão, são “puxados” por uma cauda conformada por poucos elementos que têm grande peso. A forte concentração de valores em torno da mediana (centro da distribuição) está bem retratada em quatro conjuntos, que têm padrão de leptocúrtico ($K < 0,263$).

Como um breve parêntese, vale lembrar que o alto índice de pequenas cavernas é inerente a qualquer região cárstica carbonática, tendo em vista a própria questão conceitual da origem e desenvolvimento das cavidades por dissolução (ver interessante definição em White, 2002, p. 85 1º parágrafo).

Aplicando os critérios adotados pela IN 2/09, em que três classes dimensionais são definidas pelos intervalos “[pequena $< (\mu - \sigma)$]; [($\mu - \sigma$) $<$ média $<$ ($\mu + \sigma$)]; [grande $> (\mu + \sigma)$]”, sendo μ = média populacional e σ = desvio padrão populacional, a classificação das cavidades para os conjuntos examinados é a que está retratada na tabela 2.

Alguns pontos aparecem críticos a partir desses resultados:

- Considerando o padrão de assimetria positiva e forte peso caudal típico das regiões cársticas, em geral não será possível aplicar o critério que classifica as cavidades pequenas, pois o valor resultante de $(\mu - \sigma)$ é menor que o limite inferior populacional. A adoção de parâmetros como a mediana ou então o desvio médio (tratado em módulo) ao invés do desvio padrão poderia ser uma alternativa. Como se sabe, o desvio padrão é calculado a partir do quadrado dos desvios em torno da média, o que eleva desproporcionalmente os desvios relacionados aos valores extremos; a mediana, por sua vez, não é influenciada pelos extremos.

Tabela 2. Aplicação dos critérios da IN 2/09 para classificação dimensional de cavidades no âmbito de cinco “regiões cársticas”.

Região	n	μ	σ	$\mu + \sigma$	nº grandes	$\mu - \sigma$	pequenas
Pains	299	68	233	301	11 (3,7%)	n.a.	-
Matozinhos	217	106	248	354	12 (5,5%)	n.a.	-
Mambai	63	212	289	501	5 (8,1%)	n.a.	-
São Desidério	40	501	1023	1524	5 (12,5%)	n.a.	-
Serra do Ramalho	137	926	2437	3363	8 (5,8%)	n.a.	-

- Grandes > ($\mu + \sigma$); Pequenas < ($\mu - \sigma$); Médias no intervalo ($\mu - \sigma$) e ($\mu + \sigma$).

- b) Em razão de valores muito extremos geralmente presentes na população, o resultado de ($\mu + \sigma$) tende a classificar como grandes apenas aquelas cavidades que têm valores (dimensões) muito discrepantes da população (nos exemplos, de três a nove vezes o desvio interquartilico ($Q_3 - Q_1$) acima do 3º quartil). Sendo uma população mais homogênea, somente Mambai teve ocorrências classificadas como “grandes” dentro do intervalo de dados não discrepantes; ainda assim, abarcando um universo de menos de 10% das cavidades da região (cavernas maiores que 500 metros).
- c) É especialmente crítica a situação em que, abstraindo-se um único valor discrepante (o valor mais extremo), haja mudança expressiva na classificação das ocorrências. É o que ocorre, por exemplo, para o conjunto de Pains: desconsiderando o valor da maior caverna registrada, que tem 3350 metros de extensão, a média e o desvio padrão para o conjunto caem de 68 (μ) e 233 (σ), para 57 e 136 respectivamente. Aplicando os critérios da IN, essa alteração implicaria classificar como “grandes” todas as cavidades maiores que 193 metros ao invés de maiores que 301 metros tal como antes, ampliando para 20 cavernas o universo antes constituído por 11 – uma diferença significativa com consequências práticas muito importantes.
- d) Os dados da região de Serra do Ramalho podem ser reorganizados em apenas cinco classes de frequência: (1|--500m: n=100); (501|--2000m: n=22); (2001|--4000m: n=9); (4001|--10000m: n=3); e (>10000: n=3). Se as três cavidades maiores que 10000 metros (2,2% da população) forem abstraídas da estatística, as cavernas consideradas grandes passam a ser aquelas que tiverem mais de 1783 metros ao invés de 3363 metros, dessa forma englobando 13 cavidades, 9,7% do “novo” conjunto – um cenário bem diferente do anterior. Nesse contexto da Serra do Ramalho, estabelecido até certo ponto de modo conveniente ao presente ensaio, apenas seis cavernas têm mais de 5000 metros de extensão (4,4% da população). Se este pequeno subconjunto de seis também puder ser abstraído sob algum argumento contextual (individualização de subunidade territorial, por exemplo), cavernas com mais de 1200 metros passariam a ser consideradas grandes, totalizando 21 cavidades, 15,3% da população considerada – um cenário absolutamente diferente daquele de apenas 2,2% considerado originalmente. De forma que, por causa das características que normalmente envolvem os dados espeleológicos, a depender de como o conjunto ou a população é identificada e interpretada como tal, uma pequena diferença da abordagem pode levar a resultados práticos significativamente diferentes. O maior inconveniente disso é a tendencialidade da informação para favorecer algum tipo de interesse.
- e) Essa mesma região da Serra do Ramalho poderia ser alternativamente tratada segundo duas populações distintas, por exemplo, individualizando as ocorrências dos municípios de Santa Maria da Vitória e Santana que estão deslocados um pouco mais a norte. Esse novo conjunto a norte totalizaria 32 cavidades distribuídas em classes da seguinte maneira: (20|--150m, n=15); (200|--900m, n=9); (1000|--3000m, n=6); e (>3000m, n=1, Gruta do Padre com 16400m). Pelo critério da IN, considerando $\mu=985$ e $\sigma=2893$, todas as cavidades seriam consideradas “médias”, exceto a própria Gruta do Padre. Por outro lado, esta caverna atende ao critério que lhe permite ser classificada em grau máximo, dadas as suas *dimensões notáveis em extensão, relativas ao enfoque local e regional* (art. 3º, III). Aqui parece natural admitir que esta

cavidade seja excluída da análise estatística, tendo em vista não ter efeito classificá-la como grande (importância acentuada local e regional = relevância alta) e ao mesmo tempo como de relevância máxima. O mesmo raciocínio terá então que ser aplicado para o grupo restante a sul, cuja população ainda contém duas cavernas muito grandes, com 15170 e 13880 metros; assim como justifica-se que o mesmo raciocínio seja aplicado para todos os demais grupos. Enfim, diversas nuances podem envolver o tratamento de determinada população de cavernas, com rebatimentos de difícil domínio. De tal forma que, algo que foi construído buscando afastar subjetividades se vê forçado a um exame caso-a-caso.

- f) Outro detalhe que também tem perspectiva prática importante diz respeito à precisão das medidas. O tratamento estatístico nem sempre pode ser tomado na “frieza dos números”, pois se trata de uma ferramenta de auxílio ao tratamento da informação e às interpretações. No caso do tratamento regional de dados de dimensão de cavidades naturais, além do aspecto da precisão das medidas tomadas em campo, não se pode abstrair o próprio “significado” dos números, ou seja, a sua “ordem de grandeza”. Tomando-se apenas um entre tantos exemplos que poderiam ser levantados, o critério de classificação da IN aplicado à região de Matozinhos trata como “grandes” as cavidades com 380 e 360 metros e como “médias” as cavidades com 350 e 330 metros. O mesmo ocorre para vários outros divisores de classe estabelecidos na estrita aplicação metodológica. Neste ponto, é evidente que a diferença de uma caverna com 360 metros para uma de 350 ou mesmo de 330 metros é irrelevante em termos do seu significado ambiental. Os próprios métodos topográficos adotados dão uma boa dose de liberdade à caracterização cartográfica das cavidades, ocorrendo invariavelmente diferenças significativas entre mapas elaborados por diferentes grupos de topografia que se utilizaram das mesmas convenções técnicas. Lembrando ainda que uma grande parte das cavidades mapeadas e registradas com efeito nas análises estatísticas regionais ainda encontram sua topografia em aberto, uma vez que não foi

esgotada a exploração de todas as suas galerias e possíveis conexões com outras cavidades do conjunto.

- g) O “esforço amostral”, mais especificamente o método de *prospecção* das cavidades é outra questão que pode fazer uma grande diferença na configuração dos padrões regionais, sendo oportuno salientar que na verdade não estão sendo tratadas populações de dados, mas somente amostras populacionais. A grande quantidade de pequenas cavernas que caracteriza a região de Pains, conforme visto, pode expressar justamente um diferencial prospectivo envolvendo a região, que já algum tempo tem sido alvo de levantamentos espeleológicos de detalhe no âmbito de estudos ambientais das minerações em processo de licenciamento. Matozinhos também recebeu uma atenção mais sistemática em termos de abrangência territorial e densidade prospectiva (método em CPRM/IBAMA, 1998). Sistemáticas similares de abordagem territorial ainda não ocorreram na maior parte do país, onde o trabalho prospectivo geralmente prioriza as indicações advindas da população residente, o que normalmente privilegia as cavernas de maior expressão regional (as que demandam maior tempo nas atividades internas de exploração e topografia, em prejuízo da prospecção em superfície).

Por fim, é importante considerar que, havendo atenção à distribuição das cavidades no espaço, poderá ser perceptível uma organização de “classes de valores” dimensionais em função de determinada espacialização geológica, geomorfológica e hidrogeológica no âmbito da “unidade espeleológica”. Como se sabe, os gradientes hidráulicos e padrões de fluxo – determinados pela organização das áreas de recarga e descarga, bem como pelas texturas ou estruturas particularizadas em litofácies e tectofácies locais – são parâmetros determinantes do padrão dissolutivo que se estabelece numa região (White, 2002). É isto que conduz à configuração morfológica, dimensional e espacial das cavernas, assumindo tendência de maior ou menor anisotropia: condutos únicos contínuos ou descontínuos; cavernas reticulares ou reticulados de cavernas individualizadas sob o ponto de vista do acesso humano; redes anastomóticas mais ou menos complexas,

enfim, padrões morfológicos que têm implicações sobre a continuidade e, conseqüentemente, sobre as dimensões contabilizadas.

Em vista disso, cada “classe de valor” poderia (e deveria) ser tratada no âmbito do seu respectivo “sistema genético”, inclusive observando-se covariância com padrões morfológicos. Importante ressaltar que as dimensões consideradas nessas classes de valores precisam descrever os sistemas, e não os fragmentos dos sistemas: a sequência de cavernas ao longo do rio João Rodrigues na região de São Desidério, por exemplo, deve ser considerada como “dimensão única”, não sendo conveniente que segmentos menores desse sistema espeleológico sejam diminuídos em importância no quesito dimensão em razão de seus próprios “pares” – os trechos (cavidades) maiores do mesmo sistema.

Em outras palavras, o que deveria ser buscado é a representatividade dos exemplares ao seu contexto morfogenético particular, em que também pesam as características morfológicas e a articulação geométrica dos condutos no espaço – atributos relegados pela IN 2/09 – derivando-se de uma análise puramente dimensional para uma análise provida de sentido ambiental real. Importante considerar que, tal como para outros atributos, uma análise desse tipo requer estatística multivariada e a caracterização prévia das “unidades geoambientais” em diferentes escalas, unidades estas bem distintas das chamadas “unidades geomorfológicas e espeleológicas” que contextualizam a aplicação da IN.

3.5. Qualificadores subjetivos “significativo, notável, único, expressivo, importante, com valor”

Dos quarenta e cinco atributos que precisam ser examinados no escopo da IN 2/09, nove são identificados ou avaliados com base em qualificativos subjetivos, não mensuráveis.

Eleger *dimensões* que sejam *notáveis* dentro de um contexto territorial em princípio não parece ser algo tão difícil. Mas complica quando se trata, por exemplo, de uma população de caráter bimodal, como se pode dizer do caso da região da Serra do Ramalho apresentado anteriormente, em que 95% das

cavidades têm menos de 5000 metros de extensão, enquanto as cinco maiores se distanciam bastante desse padrão, com 7020, 7560, 13880, 15170 e 16400 metros. Todas as cinco são notáveis no contexto da região? Apenas as três maiores? A maior de todas? Ou nenhuma delas, pois deixam de ser “notáveis” em meio à existência de um número significativo de ocorrências grandes?

Espeleotemas únicos, individualmente ou em conjunto, são aqueles pouco comuns ou excepcionais em tamanho, composição, tipo, beleza e profusão. Serem pouco comuns ou excepcionais também pode ser algo bem perceptível quando se tem um conjunto relativamente homogêneo. No caso dos espeleotemas únicos, o que mais dificulta a aferição da excepcionalidade são os qualificativos tamanho, profusão e beleza. Os critérios tamanho e profusão podem ser tabelados, com certo grau de arbitrariedade; mas beleza... Quando se trata da avaliação de “conjuntos de espeleotemas” o nível de subjetividade é certamente maior para alguns desses qualificativos. A instrução normativa também requer que seja averiguada se a configuração dos espeleotemas é notável ou pouco significativa quanto ao seu “aspecto, maturidade e abundância”.

A expressividade de processos ambientais e paleoambientais também guarda dose de subjetividade, enquanto não houver alguma orientação adicional que fale, por exemplo, sobre a escala espacial e temporal desses processos. A importância científica como qualificador precisa encontrar-se em um contexto científico bem estabelecido, o que se aplica à “expressividade de processos”, às “estruturas geológicas presentes” e à “sedimentação e precipitação química secundária”.

Também pode ser difícil ajuizar qual a medida em que passa a ser significativa a presença de algo considerado raro. Distinguir o quanto um fator é mais ou menos significativo ou influente sobre outro fator também pode ter limiares sutis, normalmente requerendo apuração criteriosa e sistemática.

4. O ponto crítico

A definição do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas aplica-se essencialmente ao processo de licenciamento

ambiental. A classificação decorrente do licenciamento ambiental pode até estar a serviço de um programa de levantamento do patrimônio espeleológico, já que o reconhecimento dos valores de determinada região em processo de licenciamento acaba por traçar o perfil do patrimônio dessa região, destacando aptidões e vulnerabilidade. Mas a qualificação dos elementos do patrimônio espeleológico ora discutida não foi concebida para a finalidade de um inventário geral e diagnóstico.

Na perspectiva de dano frente algum uso ou atividade pretendida, o grau de relevância é simplesmente o fator que orienta as restrições, mitigações, condicionantes e compensações impostas à pretensa atividade, tendo em vista especificamente os valores que estão sob risco. Nesta perspectiva, a classificação do grau de relevância trata de critérios básicos de “indenização”.

Por isso pode-se dizer que o novo conjunto da legislação sobre o patrimônio espeleológico (IN 2/09, Decretos 99.556/90, 6.640/08 e Resolução Conama 347/04) configura, na essência, uma normatização específica de condicionantes do licenciamento; mais precisamente, compensação através de investimentos voltados à conservação e uso do próprio patrimônio espeleológico. Esses investimentos compensatórios vêm figurando como “instrumento de proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional”; o que é uma distorção, pois condicionar uma atividade à compensação ambiental atende acima de tudo ao princípio da “recuperação e indenização” dos danos causados ao meio ambiente impostas ao poluidor e ao predador (art. 4, VII da Lei 6.938/81).

Diversas fragilidades e falhas no percurso que leva até o reconhecimento e pontuação dos valores dos elementos espeleológicos têm sido levantadas; por exemplo, valores subestimados de atributos examinados à margem da sua cadeia relacional e, principalmente, a dimensão do que não estará sendo detectado ou percebido pelos estudos, em função do seu caráter parcamente científico. Mas no que interessa ao destino dos valores que venham ser detectados, o ponto mais sensível é o que consta nos parágrafos 1º a 3º do artigo 4 do Decreto 6.640/2008: a admissão de impacto

negativo irreversível sobre cavidades de alto grau de relevância. Como compensação de uma perda dessa ordem, a preservação permanente de outras duas cavidades similares.

Sendo verdade que muitos constituintes ambientais de acentuada importância podem ser subestimados e mesmo relegados pela IN 2/09, por outro lado não se pode dizer que o método proceda em superestimar ou supervalorizar atributos. Pelo contrário, os critérios que levam ao enquadramento dos atributos ao nível de acentuada importância territorial – qualificadores de alta relevância – abarcam apenas um rol que se destaca em significância ecológica, científica ou cultural. Incluem termos como *função importante, alta riqueza, alta abundância, alta diversidade, alta influência, singularidade, elementos especiais, raridade, excepcionalidade, altos padrões, presença significativa, configuração notável, grande abrangência, interesse científico, reconhecimento do valor*. Para alcançar status de importância acentuada, alguns desses atributos estão adicionalmente condicionados a um estado de particular expressividade, abundância ou valor secundário agregado: não basta que uma estrutura espeleogenética seja rara, também é preciso que se manifeste de modo significativo; a água, princípio de toda fenomenologia cárstica, só é elemento de importância territorial caso exerça influência acentuada e permanente sobre atributos considerados acentuadamente importantes; e assim o método prossegue em sua filosofia mecanicista.

Elementos qualificados como “raros”, “singulares”, “excepcionais”, “de interesse específico” evidentemente não são elementos frequentes; muitos desses atributos dificilmente se replicarão no território examinado, dada sua própria condição. De forma que localizar – em dobro – ocorrências similares na área do empreendimento a fim de compensar a perda desses elementos não será tarefa fácil. Não estando replicados, sua perda será uma pena muito alta. O agravante vem do parágrafo 3º do citado artigo, que abre alternativas de compensação que não necessariamente garantam a conservação de testemunhos dos atributos perdidos.

Este ponto traz à luz a questão do “ganho coletivo” em que pesa, no balanço dos interesses econômicos, a natureza jurídica que

a Constituição Federal (1988) confere às cavidades naturais subterrâneas (art. 20, X): um bem (natural) da União, estando implícito o “interesse difuso”. Qualquer discussão que permeie a importância ou relevância das cavernas em função de valores que lhes estejam agregados, sejam históricos, paisagísticos, arqueológicos, paleontológicos, ecológicos ou científicos, deve considerar o que já está consolidado no ordenamento jurídico que trata do “patrimônio cultural brasileiro” – suas normas e instrumentos de gestão específicos – dado o involuntário *status* também determinado pela CF/88, artigo 216, V:

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:

V – os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, paleontológico, ecológico e científico.

Ou seja, na medida em que as cavernas sejam reconhecidas – por instrumentos formais de avaliação, a IN 2/09 – como sítios de alta relevância em função do valor acentuado de seus atributos históricos, paisagísticos, paleontológicos, ecológicos ou científicos, essas cavernas devem ser observadas na perspectiva do patrimônio cultural brasileiro, remetidas a um tratamento que extrapola os ritos do licenciamento ambiental e que fará confrontar, acima de tudo, os reais benefícios socioeconômicos do empreendimento pretendido. Eis o “x da questão”.

5. Opiniões adicionais – um ponto de vista prático

5.1. Sobre a revisão do aparato legal que trata do patrimônio espeleológico

A legislação que aborda as cavernas começou a ser delineada em 1986 com a criação de uma “Comissão Especial” incumbida das estratégias para a preservação do “patrimônio espeleológico” (Resolução Conama 009/86). O Decreto 99.556/90 e a Portaria Ibama 887/90 foram posteriormente criados numa concepção bastante generalista e rigorosamente preservacionista, buscando

cautela em garantir a proteção de um acervo ambiental de riqueza e potencial extremamente promissores, porém precariamente compreendido. Tal rigor – cuja essência reside no conceito de cavidade natural subterrânea adotado – vinha impedindo o licenciamento das atividades que pudessem causar qualquer tipo de impacto sobre uma caverna, mesmo que estudos técnicos competentes comprovassem a irrelevância dessa caverna sob todos os aspectos: ambiental, cultural ou científico.

A preservação de cavidades naturais desprovidas de qualquer valor defensável, em detrimento de atividades de importância econômica e social, foi a grande motivação para que a legislação fosse revista. Tal necessidade foi acolhida inclusive nas instâncias ambientais, admitindo-se um cenário um pouco mais favorável no que se refere às bases científicas e ao conhecimento acumulado sobre os sistemas cársticos.

No entanto, o sentido inicial – tratar distintamente os elementos de valor no conjunto do acervo espeleológico e elementos sem nenhum valor para o acervo – deu margem ao conceito de “gradação de valores de relevância”, com um aparente sentido de “custo ambiental”, ou seja, orientar o “montante” da compensação devida pelo empreendedor – não necessariamente financeiro – por causa do valor perdido de determinado bem. Eis a origem de toda a cadeia de dificuldades, que se consolida com a publicação do Decreto 6.640/08. No cerne da questão, uma suposta solução: admitir a perda de valores e compensá-los em função de outros ganhos. E no cerne de todo o problema: a mensuração objetiva desses valores para que se possa confrontá-los aos ganhos, e compensar a sua perda de maneira justa.

5.2. Resgatando alguns princípios

A Constituição Federal reconhece toda cavidade natural subterrânea como um Bem da União (art. 20). E concede àqueles bens (materiais e imateriais) “de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico” o destaque de Patrimônio Cultural Brasileiro (art 216, V).

Compreende-se que o país possui “acervos” de bens, entre os quais o “acervo espeleológico”, que reúne todo tipo de

cavidade natural subterrânea. A Constituição Federal, no entanto, não define o que são cavidades naturais subterrâneas, o que coube ao Decreto 99.556/90 e Decreto 6.640/08, à Portaria Ibama 887/90 e à Resolução Conama 347/06. O conceito adotado pelo conjunto da legislação, por sua vez, tem petrificado uma concepção imprecisa e extremamente limitada, na medida em que se desvia do entendimento de que as cavidades subterrâneas são elementos integrados de um “geossistema” e “ecossistema” particular, perdendo mérito a idéia de “unidade” que vem sustentada pela condição de ser “penetrável” pelo homem, tal como formalizado. Isso debilita o reconhecimento que deveria haver a respeito de um “ambiente ou sistema natural” de maior complexidade e amplitude, com singularidades, fragilidades, vulnerabilidades e valores que requerem tratamento sistêmico apropriado.

Ainda no âmbito conceitual, pode-se dizer que também há certa confusão em torno do termo “patrimônio espeleológico” adotado: *“o conjunto de elementos bióticos e abióticos, socioeconômicos e históricos-culturais, subterrâneos ou superficiais, representados pelas cavidades naturais subterrâneas ou a estas associadas”*. Nesta definição o patrimônio espeleológico aproxima melhor a concepção de um sistema socioambiental particular, na medida que, por um lado envolve todos os elementos que possam estar associados às cavidades subterrâneas, inclusive os superficiais e, por outro lado, explora a idéia de “conjunto de cavidades”. Porém, continua restrita à condição de “penetrabilidade” pelo homem, pois vincula a existência das cavidades tal como estão definidas formalmente.

Nesse ponto, vale destacar a idéia de valor que o termo “patrimônio” carrega em si. Está implícito que o acervo espeleológico, tomado pelo conjunto de cavidades e agregado de todos os elementos associados, é patrimônio e tem incondicional valor.

No entanto, deste acervo espeleológico completo caberia discriminar aquilo que à luz da própria Constituição (art. 216) deve de fato integrar o “patrimônio espeleológico”, ou seja, os elementos que apresentem atributos reais de valor para o contexto em que estejam inseridos ou em que estejam sendo examinados, ampliando dessa forma uma

diferença conceitual entre “acervo” e “patrimônio”. Um entendimento poderia ser:

“O patrimônio espeleológico nacional é representado pelas parcelas, segmentos ou componentes do ambiente natural subterrâneo do país (acervo espeleológico) dotados de comprovado valor ecológico, ambiental, paisagístico, científico, cultural ou econômico, abrangendo inclusive os componentes do ambiente superficial e sub-superficial que sejam direta ou indiretamente vinculados a eles, sendo dever do Poder Público a sua adequada conservação ou destinação.”; enquanto

“O acervo espeleológico nacional é representado pelo ambiente natural subterrâneo do país, delineado por todos os seus elementos diretamente constituintes e pela cadeia de processos biológicos, físicos e químicos que lhes são intrínsecos, abrangendo também os componentes do ambiente superficial e sub-superficial que sejam direta ou indiretamente vinculados a ele, sendo dever do Poder Público a sua adequada caracterização com vistas ao reconhecimento do patrimônio espeleológico e ao ordenamento territorial.”

O que se propõe é o simples retorno à motivação inicial: distinguir os elementos de valor (chamados relevantes, os verdadeiros componentes do patrimônio espeleológico nacional), daqueles elementos contextualmente irrelevantes (ou pouco relevantes), destacados do acervo integral, nas duas hipóteses, somente a partir de estudos precisos.

5.3. Destinações para elementos do Acervo Espeleológico – sugestão prática

O processo de licenciamento ambiental de atividades em área de interesse espeleológico já alcançaria substancial avanço na medida em que elementos inquestionavelmente irrelevantes (pouco relevantes) sejam reconhecidos. Nesses termos a análise custo ambiental *versus* benefício socioeconômico é de fácil conclusão e não deve comprometer a consecução do licenciamento, sob as requeridas condicionantes. Para um grande número de casos – aqueles envolvendo situações ambientais mais “simples” – um fluxo de procedimentos básicos pode ser suficientemente seguro para apontar a

ausência de valor de elementos do acervo, tal como previsto na figura 9. Trata-se de um passo mais urgente direcionado à solução de um tipo particular de impasse.

No que diz respeito aos elementos considerados relevantes para o acervo, o mesmo fluxo de procedimentos (figura 9) também pode ser suficientemente seguro e célere para indicar determinado valor insubstituível ou imprescindível, concluindo a inviabilidade ambiental (parcial ou completa) da atividade em licenciamento, salvo condições consideradas de relevante interesse público pela balança custo ambiental / benefício socioeconômico.

E assim, tem-se sanados dois extremos que abarcam uma significativa parte dos conflitos. Entre estes extremos existirão outras três situações:

- a) ambientes cuja complexidade irá requerer estudos de maior amplitude territorial (espacial) e temporal, mais diversificados e específicos no que se refere a métodos e análises; portanto, uma abordagem mais profunda e abrangente para estar apta a descartar ou determinar valores;
- b) elementos do acervo cujo valor seja “relativo” no contexto, seja pelo seu significado temporal, alcance ou representatividade territorial, recorrência ou valor intrínseco que conduzam a uma criteriosa avaliação da balança custo ambiental / benefício socioeconômico, numa esfera consultiva ou deliberativa superior;
- c) elementos do acervo cujo valor seja “restrito”, ou seja, que contenham componentes de valor “isolado”, seja em nível “temático” (por exemplo, um espeleotema próprio para estudos paleoambientais), seja em termos de “situação no espaço” (apenas um segmento do sistema ou caverna); de tal forma que seja possível o resgate do componente de valor ou então sejam admissíveis impactos parciais, ou reversíveis, ou momentâneos, ou de menor magnitude. Nesse caso, a análise da balança custo ambiental / benefício socioeconômico é concluída pelo estabelecimento das condicionantes que garantam resguardar os componentes de valor, ou, caso se configure inviável uma solução dessa ordem, condicionada à

decisão de instância superior tal como exposto no item b.

FASE 1

→ Individualização das unidades espeleológicas em nível de semidetalhe por meio de «indicadores diretos e indiretos» e cartografia combinada dos seguintes aspectos:

- bacias hidrográficas (sub e microbacias)
- aquíferos regionais e locais
- unidades litológicas em nível faciológico
- unidades estruturais compatíveis com a individualização faciológica
- unidades geomorfológicas de detalhe (4º nível taxon. Ross, 1992)
- unidades pedológicas
- biomas (subsistemas)
- padrões climáticos
- uso e ocupação do solo

FASE 2

→ Na unidade espeleológica, fluxo para avaliação do acervo visando a identificação de elementos que possam ser considerados «patrimônio espeleológico».

1. estabelece conexões entre elementos do acervo, segundo 3 “níveis de confiança”: Efetivas, Prováveis, Improváveis/Inexistentes
2. elimina importância sócio-econômica
3. elimina importância arqueológica
4. elimina potencial paleontológico
5. elimina potencial científico paleoambiental (climático, genético, evolutivo, de processos etc.), através de todos os elementos de potencial interesse (espeleotemas, sedimentos, morfologia...)
6. estuda biologia, ecologia e potencial biológico
7. elimina potencial científico biológico e notoriedade ecológica
8. Avalia morfologia/morfogênese; cênico (incluindo espeleotemas); dimensão; recursos hídricos e energéticos, minerais, aspectos específicos no contexto da região, tanto isoladamente como potencial de conjunto. Determina valores intrínsecos de cada parâmetro componente: Essencial, Especial, Comum, Irrelevante
9. estabelece “teia relacional”: estuda variáveis de dependência do sítio / entre sítios (com os mesmos níveis definidos em “1”), determina grau de complexidade e reajusta valores dos parâmetros de (8)
10. avalia potencial turístico, cultural, desportivo (técnico-exploratório), educativo etc.
11. avalia resgate de informações e materiais paleontológicos, arqueológicos e científicos
12. descarta ser elemento do patrimônio espeleológico (quando os itens 2, 3, 4, 5, 7 foram seguramente cumpridos e os parâmetros de 9 e 10 resultaram valores intrínsecos irrelevantes) e licencia mediante condicionantes previstos nos diplomas existentes. Observar «nível de confiança das conexões»
13. caso se trate de elemento do patrimônio espeleológico (quando a situação 12 é excluída) verificar valores intrínsecos dos atributos em devida conformidade com a complexidade do sistema, e descartar a presença de elementos considerados essenciais (se há elementos essenciais, indefere licença ou concede somente sob condições muito especiais de 15)
14. avalia tipo/grau de impacto da atividade
15. pondera importância socioeconômica do empreendimento, rigidez locacional e viabilidade de alternativas frente às perdas de elementos considerados especiais no contexto da região em apreço (tomados em unidade ou em conjuntos específicos)
16. decide, mediante condicionantes possíveis em favor do próprio patrimônio espeleológico local. Na impossibilidade de benefícios substanciais ao patrimônio local, a decisão deve tender ao indeferimento, exceto sob condições muito especiais de 15.

Figura 9. Roteiro básico proposto para a identificação do patrimônio espeleológico.

A figura 10 ilustra e sintetiza todos os desdobramentos possíveis ao longo de um processo de licenciamento ambiental, de acordo com a sugestão de tratamento do acervo espeleológico ora apresentada. Conforme o esquema, uma etapa fundamental do processo está no cumprimento de Termos

de Referência especialmente estabelecidos para o reconhecimento regional satisfatório do ambiente ou sistema onde estão inseridos os sítios espeleológicos em análise, para efeito da contextualização (ponderação) de riscos e valores ambientais.

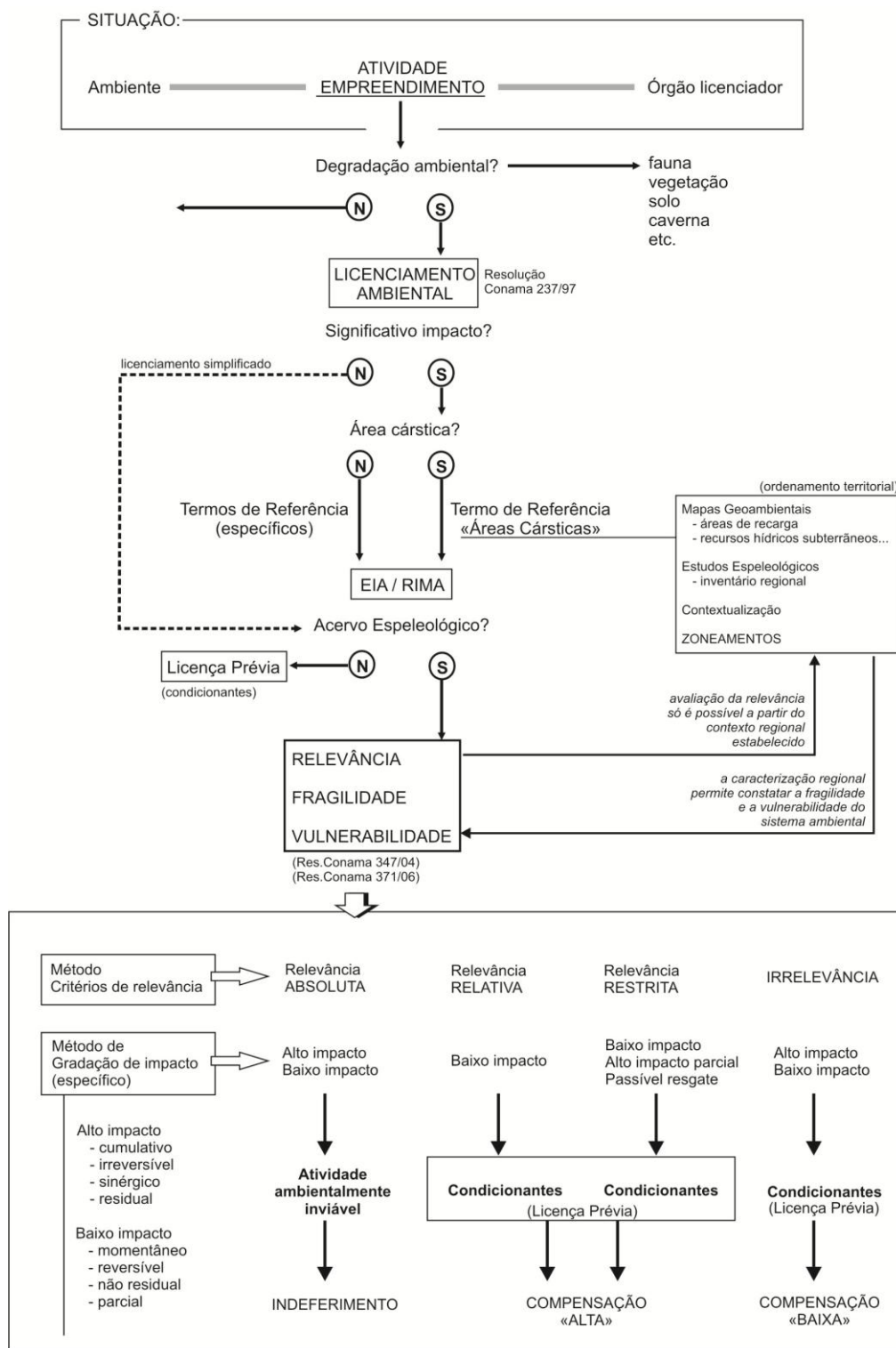


Figura 10. Proposta de roteiro para licenciamento ambiental em regiões cársticas ou em áreas de interesse espeleológico.

Conclusão

A instrução normativa MMA 2/09 é instrumento do processo de licenciamento ambiental de empreendimentos potencialmente lesivos ao patrimônio espeleológico, que complementa e dá exequibilidade ao Decreto 6.640/08. Pode-se dizer que se trata de um mecanismo ainda em fase experimental, pois sua publicação antecedeu as práticas de validação necessárias à certificação da sua viabilidade e eficácia. As primeiras aplicações práticas estão ocorrendo em pleno curso do licenciamento e só agora começam a mostrar seus resultados e, certamente, inúmeros problemas. Nesse sentido não é errado compreendê-la como uma norma precária; está previsto em seu artigo 21 que um comitê técnico consultivo irá acompanhar e avaliar a sua aplicação com a finalidade de propor o aprimoramento das regras técnicas, caso entenda necessário.

Tratando um tema que vem amadurecendo lentamente no próprio seio acadêmico, é até certo ponto compreensível essa condição do “testar com a prática”; o que não significa admitir danos ambientais graves pelas incertezas envolvidas. Ao contrário, justamente por se tratar de um mecanismo precário, aplicado a cenários ambientais ainda mal conhecidos e de difícil controle, acrescem-lhe os limites da cautela e margens de segurança, observado o princípio da precaução. A despeito da maior cautela das decisões envolvidas, “testar com a prática” sob condições precárias motiva dispensar todo tipo de energia que faculta delinear, o mais rápido possível, os problemas e alternativas para uma abordagem correta com resultados justos, com o elementar alcance de todos os interesses envolvidos de maneira equilibrada.

Este artigo vem nessa linha. Ele não explora muitos detalhes importantes; também não esgota totalmente as fragilidades que foram levantadas, nem se preocupa com pontos positivos, que existem. O objetivo é trazer a percepção de que, como instrumento do licenciamento ambiental, os propósitos da IN 2/09 não serão alcançados em uma grande gama de situações concretas. Especialmente porque não adota verdadeiramente o tratamento sistêmico indispensável à avaliação precisa dos sistemas cársticos, embora o método se apresente “maquiado” como tal em algumas terminologias utilizadas. Também porque prescinde da caracterização

geoambiental e espeleológica prévia em âmbito regional, deixando de tratar o território com respeito às fragilidades e restrições que requerem devido ordenamento; esse ordenamento prévio, aliás, pouparia investimentos financeiros de empreendimentos ambientalmente inviáveis.

Mais especificamente, a IN 2/09 não alcança os propósitos do licenciamento em muitas situações porque:

1. *Quanto a sua exequibilidade técnica e financeira:* considerando a exigência de que toda a análise seja circunstanciada na abordagem espeleológica regional, ou seja, dependente de um status de conhecimento prévio do contexto envolvido, presume-se que a avaliação da importância dos atributos deverá ser precedida de estudos regionais em geral dispendiosos em recursos financeiros e tempo. Para muitos sistemas cársticos, os estudos devem considerar uma razoável abrangência temporal e investimentos expressivos em técnicas hidrogeológicas e hidroquímicas (uso de traçadores, monitoramento de parâmetros hidroclimatológicos, análises físicoquímicas e microbiológicas para avaliação de contaminantes etc.), além de várias condicionantes científicas da temática biológica.
2. *Quanto à exatidão e veracidade dos estudos:* se a amplitude técnica mencionada no item anterior não for alcançada, não estará garantida a caracterização satisfatória da realidade ambiental, dadas as características especiais de forte dinamismo e interatividade dos diversos compartimentos que constituem os ambientes cársticos. Isso recai especialmente sobre a amplitude temporal dos estudos; se forem falhos nesse aspecto, há grande probabilidade de que elementos importantes sejam omitidos e realidades parcialmente descritas. Além disso, a abordagem convencional a vários parâmetros é distorcida da realidade, citando a água que não pode exercer influência sobre determinados parâmetros que lhe são obviamente dependentes; ou a estrutura geológica que não pode ter importância regional mesmo que exerça condicionamento fundamental sobre todo sistema; ou a estrutura espeleogenética rara que não pode ser qualificada quando

sutilmente presente, entre vários outros aspectos. A subjetividade é outro aspecto presente, a começar pela própria delimitação das unidades de análise; há também atributos cujo reconhecimento ou qualificação se baseiam em parâmetros imprecisos, tais como “presença significativa”, “influência significativa”, “configuração notável” e outros.

3. *Quanto ao risco de perdas ambientais inadmissíveis*, eis um ponto nevrálgico: a classificação resultante das análises reconhece a alta relevância de certos componentes por sua raridade, expressividade, significância, enfim, pela condição de ser incomum ou possuir algum vínculo ambiental específico. A solução de se buscar nos arredores testemunhos desses mesmos elementos raros, notáveis ou vinculados é incorrer numa ingênua contradição. O táxon novo estará presente em outros dois sítios? Não estando, o que o aguarda? Uma cavidade que exerça determinada influência sobre o sistema poderá ter seu papel substituído por outras duas? Será possível convencer a opinião nacional ou mundial de transferir para outro local o reconhecimento estético e cênico dirigido a determinado sítio? Ou terá que abdicá-lo? O método não delimita com precisão as situações que não podem ser justamente compensadas; por outro lado, talvez contemple e potencialize algumas alternativas viáveis, mas somente em curto e médio prazo, até que se esgotem os testemunhos cabíveis.
4. Finalmente, *quanto ao julgamento fidedigno do órgão licenciador*, é evidente a complexidade do ambiente em foco; por conseguinte, dos estudos necessários. A qualificação dos atributos está sujeita às falhas dos próprios estudos e muito vulnerável a diferentes interpretações, como foi visto. A atenção dos analistas deve percorrer toda esta cadeia de entendimento: a complexidade das informações (o rigor, acuidade, suficiência, abrangência, interdependência...), a aferição da importância dos atributos com as ressalvas necessárias, culminando enfim com a classificação da relevância do sítio, que lhes é privativo assinar (§1 art.5, Decreto 6.640/08).

Em conclusão, há uma fragilidade generalizada de fundo filosófico e conceitual na instrução normativa MMA 2/09. Um tratamento menos particularizado e mais holístico da unidade de análise que não abra mão de técnicas de estatística exploratória e multivariada talvez possibilite trabalhar com índices – de atividade física e biológica, complexidade, raridade/especificidade, função social – expressões mais realistas dos valores de notoriedade, significância e fragilidade a serem ajuizados.

Referências

- Alquilina, L.; Ladouche, B.; Dörfliker, N. 2006. Water storage and transfer in the epikarst of karst systems during high flow periods. *Journal of Hydrology*, 327:472-485.
- Auler, A.S. & Smart, P.L. 2001. Late Quaternary Paleoclimate in Semiarid Northeastern Brazil from U-Series Dating of Travertine and Water-Table Speleothems. *Quaternary Research*, 55:159-167.
- Auler, A.S.; Smart, P.L.; Wang, X.; Piló, L.B.; Edwards, R.L.; Cheng, H. 2009. Cyclic sedimentation in Brazilian caves: Mechanisms and palaeoenvironmental significance. *Geomorphology*, 106:142-153.
- Barbieri, M.; Boschetti, T.; Petitta, M.; Tallini, M. 2005. Stable isotope (2H , 18O and $87\text{Sr}/86\text{Sr}$) and hydrochemistry monitoring for groundwater hydrodynamics analysis in a karst aquifer (Gran Sasso, Central Italy). *Applied Geochemistry*, 20:2063-2081.
- Bertrand, G. 1972. Paisagem e Geografia Física Global – Esboço metodológico. IG-USP. *Caderno de Ciências da Terra*, 13:1-36.
- Carvalho, L.M.; Jones, C.; Liebmann, B. 2004. The South Atlantic Convergence Zone: Intensity, Form, Persistence, and Relationships with Intraseasonal to Interannual Activity and Extreme Rainfall. *Journal of Climate*, 17:88-108.
- Clemens, T.; Hückinghaus, D.; Liedl, R.; Sauter, M. 1999. Simulation of the development of karst aquifers: role of the epikarst. *International Journal of Earth Sciences*, 88:157-162.

- CPRM/Ibama 1998. Levantamento espeleológico. In: *APA Carste de Lagoa Santa – Patrimônio Espeleológico, Histórico e Cultural*. Belo Horizonte, 71p., anexos e mapas (Série APA Carste de Lagoa Santa, volume III).
- Cruz Jr. F.W.; Burns, S.J.; Karmann, I.; Sharp, W.D.; Vuille, M. 2006. Reconstruction of regional atmospheric circulation features during the Late Pleistocene in subtropical Brazil from oxygen isotope composition of speleothems. *Earth and Planetary Science Letters*, 248:495-507.
- Cruz Jr. F.W.; Burns, S.J.; Karmann, I.; Sharp, W.D.; Vuille, M.; Ferrari, J.A. 2006. A stalagmite record of changes in atmospheric circulation and soil processes in the Brazilian subtropics during the Late Pleistocene. *Quaternary Science Reviews*, 25:2749-2761.
- Cruz Jr. F.W.; Burns, S.J.; Jercinovic, M.; Karmann, I.; Sharp, W.D.; Vuille, M. 2007. Evidence of rainfall variations in Southern Brazil from trace element ratios (Mg/Ca and Sr/Ca) in a Late Pleistocene stalagmite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71:2250-2263.
- Gan, M.A.; Kousky, V.E.; Ropelewski, C.F. 2004. The South America Monsoon Circulation and Its Relationship to Rainfall over West-Central Brazil. *American Meteorological Society*, 17:47-66.
- Liu, Z.; Groves, C.; Yuan, D.; Meiman, J.; Jiang, G.; He, S.; Li, Q. 2004. Hydrochemical variations during flood pulses in the south-west China peak cluster karst: impacts of $\text{CaCO}_3\text{-H}_2\text{O-CO}_2$ interactions. *Hydrological Processes*, 18:2423-2437.
- Ma, H.-Y & Mechoso, R. 2007. Submonthly variability in the South America Monsoon System. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 85A:385-401.
- Patrus, M.L.R.A. 1998. Estudos hidrológicos e qualidade das águas de superfície. In: *APA Carste de Lagoa Santa - Meio Físico*. Belo Horizonte, CPRM/IBAMA. 58p., anexos e mapas. (Série APA Carste de Lagoa Santa, volume I).
- Perrin, J.; Jeannin, P.-Y.; Zwahlen, F. 2003. Implications of the spatial variability of infiltration-water chemistry for the investigation of a karst aquifer: a field study at Milandre test site, Swiss Jura. *Hydrogeology Journal*, 11:673-686.
- Perrin, J.; Jeannin, P.-Y.; Zwahlen, F. 2003b. Epikarst storage in a karst aquifer: a conceptual model based on isotopic data, Milandre test site, Switzerland. *Journal of Hydrology*, 279:106-124.
- Rodrigues, C. 2001. A teoria geossistêmica e a sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. USP. *Revista do Departamento de Geografia*, 14:69-77.
- Ross, J.L.S. 1992. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. USP. *Revista do Departamento de Geografia*, 6:17-29.
- Ryan, M.; Meiman, J. 1996. An examination of short-term variations in water quality at a karst spring in Kentucky. *Ground Water*, 34:23-30.
- Sondag, F.; van Ruymbeke, M.; Soubiès, F.; Santos, R.; Somerhausen, A.; Seidel, A.; Boggiani, P. 2003. Monitoring present Day climatic conditions in tropical caves using the Environmental Data Acquisition System (EDAS). *Journal of Hydrology*, 273:103-118.
- Sotchava, V.B. 1977. O estudo dos geossistemas. Instituto de Geografia – USP. São Paulo. 51p. (Métodos em Questão, 16).
- Santos, R.F. dos 2007. *Vulnerabilidade ambiental. Desastres naturais ou fenômenos induzidos?* Secretaria de Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente. Brasília. 192 p.
- Santos, R.F. dos & Caldeyro, V.S. 2007. Paisagens, condicionantes e mudanças. In: Santos, R.F. dos (org.) 2007. *Vulnerabilidade ambiental. Desastres naturais ou fenômenos induzidos?* Secretaria de Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente. Brasília. 192 p.

- Toran, L.; Tancredi, J.H.; Herman, E.K.; White, W.B. 2006. Conductivity and sediment variation during storms as evidence of pathways to karst springs. Geological Society of America. *Special Paper* 404.
- Trajano, E. 2009. Relevância de sistemas subterrâneos: método é essencial. *Conexão Subterrânea*, RedespeleoBrasil 73:3-4.
- Wang, W.; Auler, A.S.; Edwards, R.L.; Cheng, H.; Ito, E.; Solheid, M. 2006. Interhemispheric anti-phasing of rainfall during the last glacial period. *Quaternary Science Reviews*, 25:3391-3403.
- White, W.B. 2002. Karst hydrology: recent developments and open questions. *Engineering Geology*, 65:85-105.
- White, W.B. 2007. A brief history of karst hydrogeology: contributions of the NSS. *Journal of Cave and Karst Studies*, 69(1):13-26.
- Vuille, M. & Werner, M. 2005. Stable isotopes in precipitation recording South American summer monsoon and ENSO variability: observations and model results. *Climate Dynamics*, 25:401-413.
- Sales, V.C. 2004. Geografia, sistemas e análise ambiental: abordagem crítica. GEOUSP. *Espaço e Tempo*, 16:125-141.



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.sbe.com.br/espeleo-tema.asp

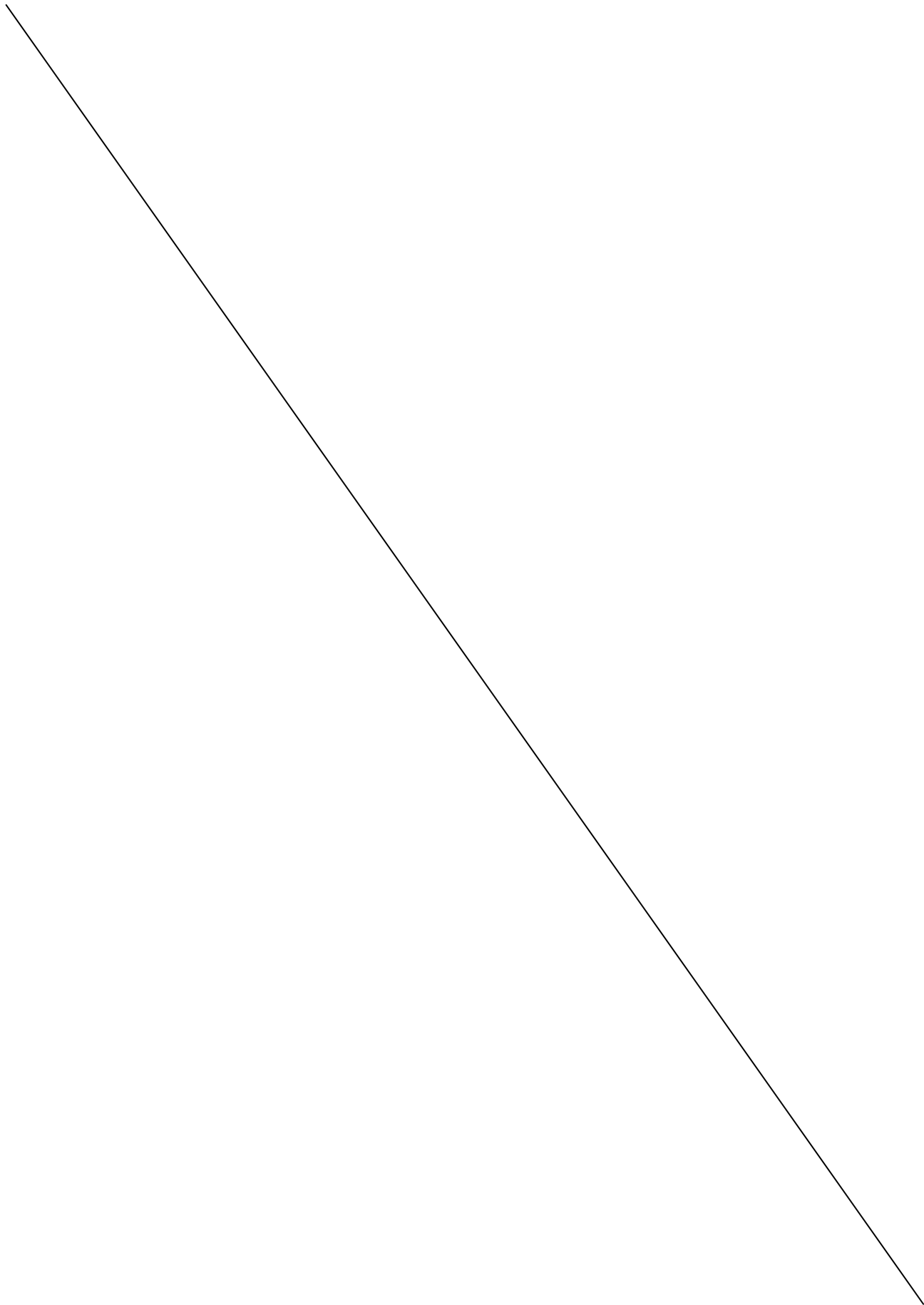
¹ Pesquisadora em Geociências - Geóloga

² Definição formal presente no glossário da IN 2/09: “Área de influência da caverna: área que compreende os elementos bióticos e abióticos, superficiais e subterrâneos, necessários à manutenção do equilíbrio ecológico e da integridade física do ambiente cavernícola.”

³ Dimensão da cavidade estabelecida pela soma da projeção horizontal dos eixos de desenvolvimento de condutos, galerias e salões. O conceito adotado pela norma não estipula qual deve ser o princípio da soma, se pelo método da continuidade ou da descontinuidade. A condição de que todas as cavidades da unidade em análise sejam medidas pelo mesmo princípio de soma é uma suposição.

⁴ Associações de espécies de organismos vivos em equilíbrio ecológico no mesmo habitat.

⁵ A variabilidade interanual, anual, intrasazonal e diária das chuvas de verão é uma característica de toda a América do Sul tropical e subtropical, associada ao Sistema de Monções Sul-Americano (“South America Monsoon System-SAMS”), de escala global. Um dos elementos desse sistema é Zona de Convergência do Atlântico Sul (“South Atlantic Convergence Zone”), retratada por um cinturão convectivo alongado de direção noroeste-sudeste pelo qual correntes úmidas atravessam a região central do continente a partir da Amazônia até o oceano Atlântico subtropical (Carvalho et al. 2004; Gan et al. 2004; Vuille & Verner 2005; Ma & Mechoso 2007). A variabilidade do padrão das chuvas também é ditada por mecanismos de macro e meso escala influenciados por particularidades locais, especialmente o relevo.



RELEVÂNCIA DE CAVERNAS: PORQUE ESTUDOS AMBIENTAIS ESPELEOBiolÓGICOS NÃO FUNCIONAM

RELEVANCE OF CAVES: WHY ENVIRONMENTAL STUDIES HAVE BEEN INADEQUATE

Eleonora Trajano^I & Maria Elina Bichuette^{II}

(I) Departamento de Zoologia, Inst. Biociências da USP, São Paulo-SP.

(II) Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, UFSCar, São Carlos-SP.

Contatos: etrajano@usp.br; bichuette@ufscar.br

Resumo

Estudos ambientais recentes visando à classificação de cavernas de acordo com seu grau de relevância têm falhado nesse objetivo, pois seguem protocolos insuficientes para se testar a ausência dos atributos de máxima relevância estabelecidos no Decreto 6640, de 2008 (os quais, por sua vez, também são insuficientes), de tal modo que não é cientificamente válido classificar as cavidades assim estudadas em qualquer categoria que não seja a de relevância máxima. Entre as muitas falhas da Instrução Normativa do MMA – IN nº 2, de 2009, está a definição de critérios “mínimos” de estudo que estão muitíssimo aquém do que é efetiva - e cientificamente - mínimo. São aqui discutidos aspectos que devem ser incorporados aos estudos biológicos de modo a gerar protocolos, tanto gerais como específicos, compatíveis com os objetivos da classificação conforme grau de relevância dos sistemas subterrâneos, começando pela comprovação estatística da suficiência amostral, e passando pela determinação da diversidade beta, graus de endemismo, raridade, grau de ameaça e risco de extinção de espécies/populações, além da importância das cavernas para ecossistemas epígeos. Ecossistemas subterrâneos são únicos, singulares, de modo que, em princípio, todos devem ser considerados de relevância máxima.

Palavras-Chave: relevância de cavernas; estudos ambientais; suficiência amostral; Decreto 6640.

Abstract

Recent environmental studies aiming to classify caves in accordance with the degree of relevance have been failing because their protocols are not sufficient to test for the absence of attributes of maximum relevance as established by the Decree n. 6640, from 2008. Therefore, it is not possible to classify any of the studied caves in any category other than that of maximum relevance. The minimum criteria for speleobiological study protocols, as established in the Ordinance MMA n. 2, from 2009, are far beyond the scientifically acceptable and should be revised. Herein, we discuss important aspects to be also taken into account, including tests of sample sufficiency, beta diversity, endemism, rarity, threat degree and extinction risk, and also the importance of caves for epigean communities. Each subterranean ecosystem is unique, thus they all merit to be treated as systems of maximum relevance.

Keywords: Cave relevance; environmental studies; sample sufficiency; Decree 6640.

Eixo temático: Opinião
Recebido em: 09. ago.2010

Aprovado em: 13.ago.2010

Singularidade dos ecossistemas subterrâneos

Todo ecossistema é resultado da interação entre fatores históricos e ecológicos atuais, incluindo evolução geológica e geomorfológica da região, clima regional e sua história, oportunidades de colonização, dispersão e isolamento, hidrologia e conectividade, topografia (não existem duas cavernas iguais), heterogeneidade de habitat e sua proporção, disponibilidade de recursos alimentares adequados às diferentes espécies, conjunto de espécies interagindo e sua abundância relativa etc., além de fatores estocásticos.

Em função da pluralidade de variáveis interagindo, cada ecossistema cavernícola é único, tal como um indivíduo que compartilha, com seus co-específicos, os padrões gerais da espécie, mas que pode ser distinguido de todos os demais por suas particularidades. O caso evidente de singularidade é o de cavernas com espécies troglóbias exclusivas. Menos evidente, porém igualmente relevante, é o de cavernas com espécies troglóbias cuja distribuição ultrapassa seus limites topográficos. Mesmo nestes casos, as populações encontradas em cada uma das cavernas de ocorrência da espécie podem ser fundamentais para a manutenção de sua variabilidade (diretamente relacionada à capacidade de adaptação a novas situações) e mesmo integridade, dependendo o tamanho efetivo mínimo para manutenção da espécie. Mesmo cavernas sem registro de troglóbios são singulares à medida que abrigam conjuntos distintos de espécies, interagindo de forma particular e diferenciada. De fato, diferenças nas abundâncias relativas das populações, componentes da diversidade β ao lado da riqueza de espécies, podem resultar em ecossistemas funcionalmente distintos. Isto ficou evidenciado nos estudos espeleobiológicos específicos realizados em 2009 nas 32 cavernas incluídas nos Planos de Manejo Espeleológico dos Parques Estaduais Intervalos, Turístico do Alto Ribeira e Mosaico de Unidades de Conservação de Jacupiranga: em nenhum caso a composição da fauna de duas cavernas foi coincidente, mesmo quando excluídos os troglóbios e outras espécies raras (Bichuette, Pellegatti-Franco & Trajano, dados não publicados). Ou seja, em termos faunísticos e funcionais, cada ecossistema cavernícola tem suas particularidades.

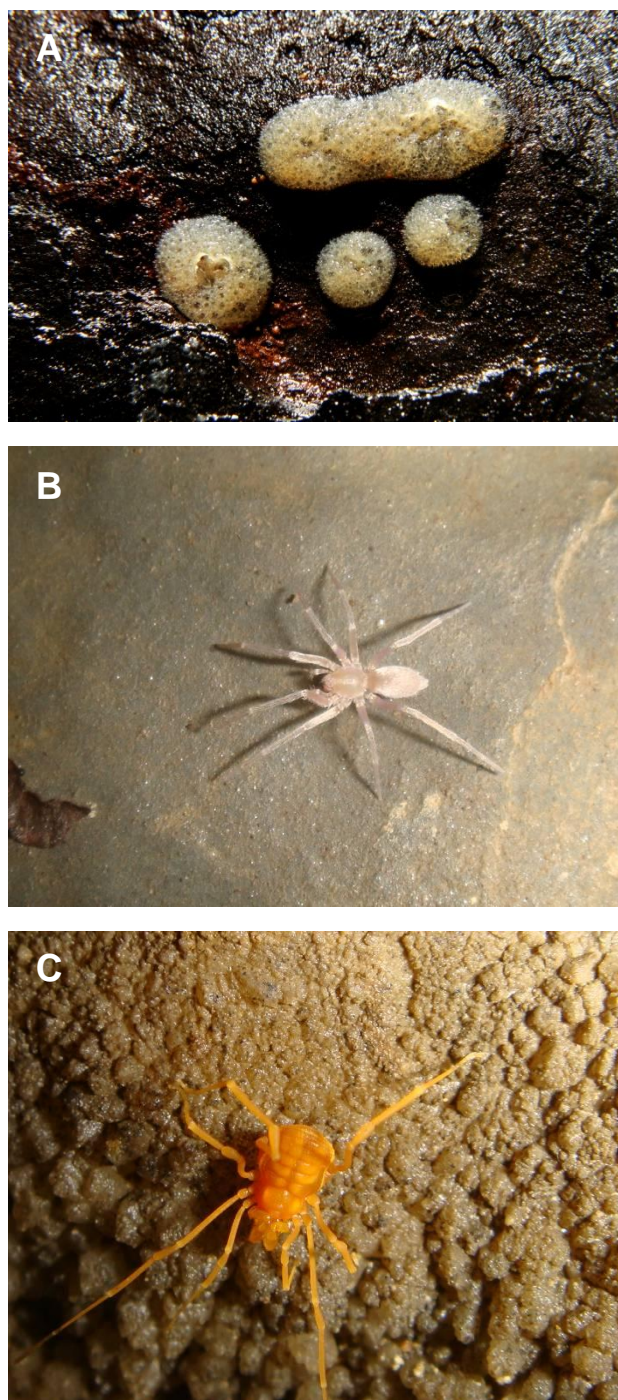


Figura 1. Exemplos de animais cavernícolas que conferem relevância a cavernas. A. *Racekiela cavernicola* da Lapa dos Brejões, Morro do Chapéu (BA) – primeira esponja cavernícola registrada no Brasil (Foto: Adriano Gambarini); B, Aranha Prodidomidade, sp. n., da caverna Água Suja, Alto Ribeira (SP) – primeiro registro da família em cavernas, troglófila ou troglóbia (Foto: Flávia Pellegatti-Franco); C, Novo opilião troglóbio (Gonyleptidae: Pachylinae), recentemente descoberto na Caverna Santana, Alto Ribeira (SP) Foto: Flávia Pellegatti-Franco).

Estudos ambientais e licenciamento de empreendimentos em áreas com cavernas e outros ambientes subterrâneos

Com o Decreto 6640, de 2008, que flexibilizou o uso de cavernas em todo o território nacional, as quais eram integralmente protegidas pelo Decreto 99.556, de 1990, a lei mudou, mas seu espírito permanece: não se admitem impactos que levem à perda irreversível de biodiversidade subterrânea. Isto fica bem claro na análise dos critérios que conferem relevância máxima a cavidade, conforme Instrução Normativa do MMA - IN nº2, de 20 de agosto de 2009 – trata-se de atributos de singularidade, que conferem importância fundamental à cavidade para a manutenção da biodiversidade, tanto biológica e geológica, como cultural. Essas normas legais apresentam várias falhas, das quais uma das maiores é centrar toda a análise na cavidade (que, na definição, equivale a caverna, por sua vez definida através de critério antropocêntrico, que são as dimensões do espaço), e não no ecossistema em si, o qual em muito a ultrapassa geograficamente, além de ignorar sumariamente a existência de outros habitats subterrâneos igualmente relevantes. Chamamos, ainda, a atenção para o fato indiscutível de que a metodologia do estudo visando à detecção desses atributos deve ser adequada à classificação do grau de relevância de qualquer cavidade, em qualquer escala espacial e temporal. Só assim se poderia apontar, com certeza estatisticamente significativa, os casos de cavernas que não apresentam nenhum desses atributos e que, portanto, não seriam consideradas de relevância máxima, podendo ser impactadas.

Por outro lado, a análise de estudos ambientais que visem a embasar decisões de licenciamento de empreendimentos deve ser sempre norteada pelo princípio maior da Precaução, que direciona todas as ações e decisões no campo da Conservação e outros, como é o caso do campo jurídico (*In dubio, Pro Reu* – todos são inocentes até prova em contrário). Para a Conservação, isto significa que, havendo dúvidas em função da existência de evidências de ameaça, deve-se assumir o cenário de maior risco.

Principalmente no âmbito de empreendimentos com impactos irreversíveis ou dificilmente reversíveis, é evidente que todo estudo visando à determinação do grau de

relevância do patrimônio espeleológico deve ser absolutamente conclusivo, sem deixar qualquer margem à dúvida (novamente cabe aqui a analogia com o sistema jurídico humano, que não admite condenação em caso de “dúvida razoável”), quanto aos seguintes aspectos (para uma discussão sobre método científico e teste de hipóteses de presença *versus* ausência de atributos, ver Trajano, 2009a, 2009b):

1) Suficiência amostral, que deve ser testada através de métodos estatísticos robustos, como as **Curvas de Acumulação de Espécies**, a fim de se demonstrar que amostra é efetivamente representativa do sistema sob estudo. Note-se aqui a impossibilidade matemática de dois pontos amostrais (mínimo determinado na IN n. 2, Art. 16) definirem uma curva. Dados de literatura, assim, como nossa experiência pessoal, indicam que mais de 10 pontos (= ocasiões amostrais), distribuídos por vários ciclos anuais, são necessários para uma curva de acumulação atingir sua assíntota, que representa estabilização da amostragem, permitindo inferir sua suficiência em termos de número de coletas.

Outro aspecto da frequência de amostragem a ser considerado é a sua periodicidade, pois não adianta concentrar as ocasiões de amostragem em um curto período de tempo, já que uma eventual assíntota refletiria apenas uma situação pontual. Ora, todo sistema biológico é dinâmico, o que equivale a dizer que existe uma dimensão temporal igualmente determinante das propriedades e funcionamento desses sistemas. Um dos componentes temporais mais importantes dos ecossistemas naturais é a sazonalidade, que equivale a padrões com período de cerca de um ano (“circa-anuais”). Para a detecção de padrões rítmicos estatisticamente significantes, é necessário estender o estudo por pelo menos três vezes o período desses ritmos, ou seja, três anos no caso da sazonalidade. Se a descrição e compreensão do funcionamento de um determinado ecossistema é o objetivo do estudo, este deve necessariamente incorporar a dimensão temporal em sua metodologia, sendo a sazonalidade um ritmo amplamente reconhecido como de grande importância. É indiscutível que estudos visando à classificação de cavernas em termos de relevância enquadram-se aqui.

Um claro exemplo da necessidade de estudos espeleobiológicos de médio a longo prazos são as tentativas de se caracterizar ecossistemas subterrâneos com base em aspectos pontuais, como manchas de guano e outros substratos instáveis. Há fortes evidências da ocorrência de variações temporais na distribuição, localização específica e permanência dessas manchas, como decorrência da freqüente itinerância das colônias de morcegos cavernícolas, sobretudo em áreas com alta diversidade de abrigos em rocha. Do mesmo modo, é comum observar-se acentuadas alterações na distribuição de substratos ripários (à beira d'água) e mesmo de bancos de sedimento não tão próximos assim de rios, sobretudo após anos muito chuvosos. Estudos focados nesses substratos podem ser interessantes no âmbito da comparação horizontal entre cavidades, mas certamente não permitem caracterizar o ecossistema.

Relativamente poucas cavernas brasileiras tiveram sua fauna estudada ao longo de dois ou mais ciclos anuais. Nestas, e sobretudo naquelas percorridas por riachos permanentes ou temporários, o que se tem observado são variações ano a ano acentuadas, sobretudo no que diz respeito às comunidades terrestres. São exemplos muito bem documentados as cavernas Lage Branca, nos arredores do PETAR, estudada por Pellegatti-Franco (2004), Areias de Cima, no PETAR (estudada recentemente por Bessi-Pascoalotto, 2005), e gruna do Enfurnado, na Serra do Ramalho (Trajano e col., dados não publicados). Estas cavernas foram estudadas em detalhe ao longo de dois (cavernas do PETAR) ou três (Enfurnado) ciclos anuais consecutivos, tendo ficado muito clara a necessidade de continuidade dos estudos por mais alguns ciclos para a detecção minimamente confiável de padrões. Mesmo para cavernas secas e pequenas, que se "supõe" serem mais estáveis (ver abaixo), é inquestionável a insuficiência de apenas uma ou duas coletas para fins de aplicação de critérios de relevância, pois, conforme acima mencionado, dois pontos não permitem a construção de uma curva.

2) Grau de endemismo, tanto em termos de restrição ao meio subterrâneo (que define, de fato, a condição de troglóbio) como de distribuição nesse meio, definindo troglóbio amplamente distribuído *versus* troglóbio de

distribuição restrita. Entra aqui outra questão importante, que é a definição e delimitação de espécies. Não existe consenso absoluto, nem entre os sistematas, quanto ao conceito de espécie que deve basear decisões taxonômicas como, por exemplo, o reconhecimento de uma espécie válida e a consequente atribuição de nome a essa entidade, seguindo o Código Internacional de Nomenclatura Zoológica vigente. Quando se detectam discontinuidades entre grupos de indivíduos na forma de diferenças que separam totalmente os dois conjuntos, não há grandes discussões quanto a se tratarem de espécies nominais distintas. No entanto, como a evolução é um processo contínuo, existe uma zona nebulosa, com populações que ainda não se diferenciaram a ponto de serem distinguidas através dos caracteres taxonômicos usuais. Nestes casos, a investigação de outros caracteres pode revelar diferenças que não estavam inicialmente aparentes. Neste aspecto, a biologia molecular tem trazido uma contribuição fundamental, mostrando diferenças genéticas não visíveis na morfologia, mas que caracterizam espécies distintas. De fato, para a maioria das espécies terrestres e de água doce de ampla distribuição estudadas, a pesquisa de um número crescente de caracteres, tanto moleculares como morfológicos, fisiológicos e ecológicos, mostra que existem várias espécies escondidas sob um nome único. Ou seja, deve-se sempre desconfiar de espécies de distribuição muito ampla, pois a tendência é verificarmos que a diversidade biológica é muito maior do que se supõe e que a grande maioria dos troglóbios é endêmica de áreas restritas, dentro do esperado tendo em vista a fragmentação típica dos habitats subterrâneos, geradora de diferenciação.

Além disso, para se determinar com confiança o grau de endemismo de uma espécie no que diz respeito à sua condição de possível troglóbio é imprescindível estender a investigação a áreas epígeas subjacentes ao sistema subterrâneo em questão e também outras áreas cársticas da região onde se localiza o empreendimento. Como a densidade populacional de troglófilos no meio epígeo é frequentemente bem inferior à das populações hipógeas, é esperado que o esforço de coleta na superfície seja maior que em cavernas, devendo ter sua suficiência igualmente testada. Estudos epígeos conclusivos fornecem a única

base para se afirmar que uma dada espécie troglomórfica (i.e., com redução de olhos e/ou pigmentação) não é troglóbia, caso sejam encontradas populações da mesma em habitats superficiais. Enquanto isto não ocorre, pelo Princípio da Precaução, toda população troglomórfica deve ser tratada como troglóbia.

3) Diversidade β (beta), que leva em consideração não apenas a riqueza de espécies (diversidade α) como também a abundância relativa de cada uma – este é um componente fundamental de todo ecossistema, determinando seu modo funcionamento. De fato, mesmo que a riqueza de espécies mantenha-se, impactos podem provocar diminuição na diversidade β se uma ou mais espécies que não o eram anteriormente tornarem-se dominantes. Ou seja, não basta fornecer uma lista de espécies com ocorrência na área de estudo, a determinação das abundâncias relativas é igualmente importante tanto para o cálculo dos índices de diversidade β para fins de decisão de licenciamento, como para um eventual monitoramento. Há ainda outros problemas, relacionados às premissas dos testes, como por exemplo, seguir a aleatoriedade, evitando-se a escolha de pontos de coleta. A aleatoriedade é exigência para testes estatísticos, entretanto, no caso de cavernas, há a possibilidade dos pontos caírem em locais inacessíveis (cachoeiras, abismos), sendo assim, escolher pontos de amostragem pode representar uma estratégia para maximização da coleta. Varredura completa é praticamente impossível em cavernas com extensão superior a 1 km, sendo exequível apenas em cavernas com pequeno desenvolvimento.

O atributo VIII de relevância máxima da IN n.2 refere-se a “troglóbio raro”. Ora, raridade é definida por diferentes aspectos, abrangendo tanto casos de populações com distribuição muito restrita (independentemente de sua densidade) como daquelas com densidades populacionais muito baixas (independentemente da distribuição), ou ambos. A raridade também pode referir-se a atributos morfológicos, fisiológicos, ecológicos ou comportamentais únicos da espécie em relação ao grupo taxonômico a que pertence: por exemplo, bagres *Rhamdiopsis* troglóbios da Chapada Diamantina são especializados na utilização do recurso guano, o que é certamente uma raridade para bagres; anuros pipídeos formam populações aparentemente

troglófilas em poucas cavernas da Amazônia, uma situação também rara em termos de registro de tetrápodes troglófilos no país. Também se enquadram nesse atributo de relevância máxima espécies que constituem os únicos troglóbios conhecidos da Família, ou mesmo da Ordem, como o escorpião *Troglorhopalurus translucidus*, o novo onicóforo da Serra da Bodoquena (L. M. Cordeiro, comum. pessoal) e a esponja de Brejões. Mesmo no caso de troglófilos, a raridade em termos de representação na fauna subterrânea deve ser levada em consideração. Ou seja, a avaliação do atributo “raridade” passa necessariamente por um amplo domínio da literatura zoológica e conhecimento faunístico aprofundado.

Em termos de ocorrência, a verificação desse atributo (ou, mais importante, a demonstração de sua ausência = “não há troglóbios raros”) depende da aplicação das chamadas curvas de acumulação, que são curvas que trazem o número acumulado de espécies registradas a cada ocasião de coleta (número de espécies encontradas em um dado evento de coleta + todas as que já haviam sido registradas antes, mesmo que não apareçam nesse evento em particular). Estas curvas são particularmente importantes para populações com baixas densidades, cuja probabilidade de registro em uma dada ocasião de captura é muito baixa. A verificação do referido atributo depende também de estudos populacionais incluindo densidades e abundâncias relativas – a raridade é um conceito relativo, que passa necessariamente pela comparação com outras populações epígeas e hipógeas –, e da ampliação geográfica do levantamento para determinação do grau de endemismo. Na prática, sabemos que quase todos os troglóbios enquadram-se na categoria de táxons raros de acordo com pelo menos algum dos critérios acima, pois por definição todos são endêmicos de áreas relativamente restritas (quando comparados com organismos epígeos em geral, exceto aqueles que ocupam habitats igualmente restritos, como ilhas, cabeceiras e poças) e apresentam baixas densidades populacionais, pois vivem em ambiente com forte limitação de alimento. Além disso, a especialização às condições particulares do meio subterrâneo frequentemente resulta em adaptações singulares, que devem ser preservadas através da proteção à espécie. Ou seja, tanto estatisticamente como pelo princípio

da Precaução, todos são raros até prova em contrário.

Do mesmo modo, a averiguação do atributo IX (“interações ecológicas únicas”) da IN n.2 passa necessariamente por estudos ecológicos no nível de ecossistemas.

4) Grau de fragilidade do sistema, que passa pelo estudo dos fatores bióticos (incluindo abundâncias relativas) e abióticos, que são determinantes de sua **resiliência** (capacidade de tolerar perturbações sem perda de biodiversidade). Neste âmbito, a área de influência é um dos aspectos mais importantes a serem considerados: se sua delimitação é relevante para estudos para empreendimentos epígeos sem repercussão importante para os habitats subterrâneos, no caso daqueles incluindo o meio hipógeo, que normalmente depende de recursos importados da superfície, ela é inegociável e fundamental, devendo ser baseada em método científico robusto, com teste de hipótese. Isto significa estudos caso a caso, já que, dada a complexidade dos sistemas, não é possível determinar *a priori* o tamanho e formato de áreas de influência com a precisão suficiente para garantir a proteção da diversidade subterrânea.

Há casos mostrando claramente que áreas de influência são difíceis de serem delimitadas. Por exemplo, a região de Irecê, no estado da Bahia, a qual abrange uma área de cerca de 9.000 km², é conhecida por sua potencialidade agrícola, com destaque para a cultura do feijão, cenoura, beterraba e cebola. Tem-se observado, nesta região, um aumento desordenado de áreas irrigadas, utilizando águas subterrâneas do aquífero cárstico, cuja superfície piezométrica acompanha a topografia regional e tem o fluxo subterrâneo em direção às calhas dos rios da região. Medidas de nível freático do aquífero e das precipitações regionais realizadas entre os anos 2002 e 2004 revelaram que o manejo inadequado das práticas de irrigação na região, em associação ao uso das águas para abastecimento humano e animal, tem provocado o contínuo rebaixamento do seu nível hidrostático durante os últimos 20 anos e indica que o mesmo está sendo utilizado de forma não-sustentável (Ramos *et al.*, 2007). Fica claro, então, que a área de influência do aquífero deve ser muito maior do que a considerada para estudos de impacto.

No caso de haver fragmentação da paisagem (por exemplo, por derrubada parcial da vegetação nativa), é fundamental proceder a estudos sobre a ecologia dos morcegos que frequentam as cavernas, contribuindo para a entrada de nutrientes através da deposição de guano, uma vez que a capacidade de travessia de matrizes depende das características destas (e as matrizes de mineração são as mais hostis) e da biologia dos morcegos.

5) Importância das cavidades para a sobrevivência de populações epígeas. Cavernas não são entidades independentes e isoladas, elas estão inseridas no contexto geológico e biológico regional, fornecendo abrigo, local de reprodução, alimento etc. para espécies regularmente encontradas na superfície. Cavernas são particularmente importantes para os chamados troglótenos obrigatórios, como vários morcegos e certos opiliões – nos Estados Unidos, há casos bem documentados de espécies de morcegos quase levadas à extinção por conta de impactos em uma ou pouquíssimas cavernas. A definição do status de troglóteno obrigatório também passa por estudo populacional ao longo de pelo menos alguns ciclos anuais. As dificuldades inerentes ao estabelecimento do status de troglóteno obrigatório estão bem ilustradas para o opilião *Acutisoma spelaeum*, do Alto Ribeira, objeto de uma tese de Doutorado (Gnaspini, 1993) e uma dissertação de Mestrado (Santos, 1998), esta última voltada especificamente para a atividade locomotora e uso de cavernas – o tipo de estudo necessário à compreensão da importância das cavernas para os troglótenos. Note-se que, por sua dependência tanto dos habitats epígeos como de cavernas, *A. spelaeum* (e sabe-se lá quantos mais troglótenos ainda não estudados) enquadra-se no atributo IX (“interações ecológicas únicas”). Ou seja, estudos espeleobiológicos visando ao licenciamento de atividades com impactos irreversíveis devem necessariamente contemplar a ecologia dos troglótenos, tanto vertebrados como invertebrados.

6) Presença de espécies em risco de extinção, referente ao atributo VI da IN n.2 (“Abrigo essencial para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies animais em risco de extinção, constantes de listas oficiais”). Qualquer tentativa de verificar este atributo através de estudos de curto prazo (menos de 2-3 anos) é uma falácia, uma vez

que a inclusão em listas de espécies ameaçadas depende da aplicação de um ou mais dos seguintes critérios: populações de distribuição muito restrita (endêmicas); com densidades baixas; com declínios observados ao longo de anos (por causas conhecidas ou não) e/ou submetidas a impactos. Portanto, são necessários estudos populacionais de médio e longo prazo. Outro problema é o fato das listas nacionais virem exigindo exigirem a descrição formal da espécie para que esta seja inclusa, mesmo que já se tenha certeza de tratar-se de espécie nova para a ciência. Considerando-se que a IN preconiza que um ano de estudos ambientais pode ser suficiente para se ter idéia da fauna subterrânea de uma região a ser impactada, e tendo em vista que descrições de espécies demoram entre dois e quatro ou mais anos para serem finalizadas (devido a escassez de especialistas para vários grupos faunísticos, p. ex. Blattaria, Diplopoda Polydesmida, Platyhelminthes Turbellaria), é praticamente impossível pressupor que os estudos ambientais contemplarão este item. Ou seja, a lenta burocracia, que envolve muitos passos e leva muito tempo até a inclusão de qualquer espécie em listas oficiais, é incompatível com as necessidades de uma política ambiental eficiente, que deveria ser ágil e nortear-se fundamentalmente pelo princípio da Precaução. Pela lógica e pela Precaução, e atendo-se ao princípio da lei, que é o de proteger espécies ameaçadas, o atributo VI da IN n.2 deve ser entendido como se aplicando a qualquer espécie que cumpra requisitos de inclusão em listas de táxons ameaçados.

Em suma, os critérios mínimos para estudos ambientais visando determinação de relevância de cavernas, estipulados na IN, estão muito aquém do mínimo necessário de fato, abrindo margem para a imposição, por parte das empresas contratantes, de protocolos inadequados aos objetivos de um estudo que visa fornecer as bases científicas para uma decisão que implica na destruição sumária de ecossistemas inteiros. Assim, independentemente da competência da equipe, a metodologia dos estudos que vem sendo realizados não permite a averiguação da ausência de todos os atributos de relevância máxima de cavernas e, portanto, não pode ser utilizado como base para se descartar a hipótese de que qualquer uma das cavernas na área de estudo não seja de relevância máxima

e, portanto, possa ser destruída. Como consequência da inadequação do protocolo, tais estudos vêm falhando em todos os requisitos acima detalhados (demonstração de suficiência amostral, determinação do grau de endemismo das espécies e de fragilidade do ecossistema etc), devendo ser tratados como estudos exploratórios, preliminares, cujo objetivo é direcionar o estudo ambiental de fato, que poderá embasar o pedido de licenciamento. Isto não significa que seus resultados devam ser ignorados, ao contrário. A demonstração de relevância máxima através da constatação de atributos como os listados na IN (que também são insuficientes) já pode ser considerada definitiva. O que não se pode em absoluto afirmar, tendo em vista o caráter preliminar do estudo, é que qualquer uma das demais cavernas presentes na área do empreendimento não seja de relevância máxima – por Precaução, e até que estudos conclusivos provem o contrário, todas devem ser consideradas como tal.

Considerações finais

Concluindo, a IN nº 2, de 2009, que regulamenta o Decreto 6640, é completamente inadequada, e, portanto, ineficaz, aos objetivos a que, na teoria, se proporia, quais sejam de regulamentar os procedimentos visando à classificação de cavernas de acordo com sua relevância, revelando seja despreparo técnico científico do(s) responsável(is) pela elaboração em sua forma final, seja um tremendo viés político atendendo a pressões do poder econômico totalmente descompromissado com o futuro do país. De qualquer modo, Decreto e IN são uma bem estruturada farsa, escondendo pensamentos do tipo “*nós destruiremos subterrâneos inteiros, mas deixaremos vocês salvarem algumas cavernas – desde que não estejam em áreas que nos interessam muito*”.

Propomos aqui aspectos a serem considerados no estabelecimento de protocolos de estudos que permitam efetivamente testar a presença *versus* ausência dos atributos de relevância. Além disso, defendemos que os critérios constantes do Decreto 6640 devem ser revistos e ampliados, para fins de consistência e coerência com a realidade biológica. Consequentemente, a IN também deve ser totalmente revista. Por outro lado, deve-se

notar que a proposição de protocolos gerais também não esgota a questão, na medida que ajustes - no sentido de acréscimos ou adaptações, jamaiz de reduções - são frequentemente necessários para os casos particulares. Ou seja, estudos preliminares devem ser realizados antes da, e para a definição de protocolos definitivos.

Enfatizamos neste texto as singularidades dos ecossistemas subterrâneos, mas é fundamental ter em vista que são as semelhanças entre eles que revelam padrões, em diferentes escalas espaciais e temporais. É o estudo desses padrões que permite compreender a origem e o funcionamento dos ecossistemas e de seus componentes. Portanto, a análise de qualquer empreendimento com impactos importantes deve incorporar uma visão ampla, tanto geográfica quanto ecossistêmica, que permita comparações naquelas diferentes escalas. Terminamos, assim, com um outro aspecto a ser considerado: o papel das cavidades ou sistemas em questão para a compreensão da origem e funcionamento dos ecossistemas subterrâneos em geral.

Referências

- BESSI-PASCOALOTO, R. 2005. Dinâmica populacional do carabídeo cavernícola *Schizogenius ocellatus* Whitehead, 1972 (Coleoptera) e sua recuperação após eventos de enchentes (Sudeste do Estado de São Paulo, Brasil). Instituto de Biociências, São Paulo. Tese de Doutorado, 205 pp.
- BRASIL. 1990. Decreto nº. 99.556, de 1º de outubro de 1990. Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e dá outras providências. **Casa Civil**, Brasília, DF, 1º out. 1990.
- BRASIL. 2008. Decreto nº. 6640, de 7 de novembro de 2008. Dá nova redação aos arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. **Casa Civil**, Brasília, DF, 7 nov. 2008.
- BRASIL. 2009. Instrução Normativa nº. 2, de 20 de agosto de 2009. Resolve instituir a metodologia de classificação das cavidades naturais subterrâneas. **Ministério do Meio Ambiente**, Brasília, DF, 02 agosto 2009.
- GNASPINI, P., 1993. Biologia de opiliões cavernícolas da Província Espeleológica do Vale do Ribeira, SP/PR (Arachnida: Opiliones). Instituto de Biociências, São Paulo. Tese de Doutorado, 101 pp.
- PELLEGATTI-FRANCO, F., 2004. Biologia e ecologia populacional de *Ctenus fasciatus* Mello-Leitão e *Enoploctenus cyclothorax* (Bertkau) em cavernas do Alto Ribeira, Iporanga, SP (Araneae: Ctenidae). Instituto de Biociências, São Paulo. Tese de Doutorado, 136 pp..
- SANTOS, F. H. S. dos, 1998. Estudo da atividade locomotora do opilião cavernícola *Goniosoma spelaeum* (Arachnida, Opiliones, Gonyleptidae). Instituto de Biociências, São Paulo. Dissertação de Mestrado, 77 pp.
- RAMOS, S. O.; LEAL, L. R. B.; ARAÚJO, H. A.; LUZ, J. A. G.; DUTTON, A. R. 2007. Variação temporal do nível freático do aquífero cárstico de Irecê - Bahia: contribuição para o uso e gestão das águas subterrâneas no semi-árido. *Revista Brasileira de Geociências*, 34: 1079-1085.
- TRAJANO, E., 2009a. Relevância de sistemas subterrâneos: método é essencial. *Conexão Subterrânea*, RedespeleoBrasil, 73: 3-4 (Especial Decreto 6640/2008).
- TRAJANO, E., 2009b. Conservação e critérios biológicos de relevância de cavernas: análise crítica e proposta de sistema de classificação. *Conexão Subterrânea*, RedespeleoBrasil, 76: 2-3.



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.sbe.com.br/espeleo-tema.asp

A IMPORTÂNCIA CULTURAL DO CARSTE E DAS CAVERNAS

THE CULTURAL IMPORTANCE OF KARST AND CAVES

Luiz Eduardo Panisset Travassos

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

Resumo

A paisagem cárstica e suas cavernas podem ser percebidas por várias pessoas de maneira igualmente variada. Do leigo ao cientista, especialmente as cavernas, assumem significados diversos de acordo com a evolução histórica e as condições culturais de uma sociedade. Por esse motivo, é possível afirmar que a relação humana com as cavernas não é fato novo na história da humanidade. Muito menos a motivação para seu uso como abrigos, esconderijos ou lugares sagrados. Sendo assim, as cavernas e o carste constituem-se como importantes registros histórico-geográficos de regiões específicas. Muitas vezes apresentam traços comuns a várias culturas como será demonstrado ao longo do trabalho. Como objetivo geral do trabalho, propõe-se a investigação do uso cultural do carste e das cavernas como base do Turismo Cultural. Através de extenso levantamento bibliográfico, do estudo das áreas protegidas da UNESCO, da análise dos sítios visitados por Hayes (2005-2009) e o estudo de quatro cavernas santuário específicas (duas no Brasil, em Minas Gerais) e duas na Eslovênia-Itália, objetiva-se realizar um estudo que favoreça a divulgação do uso cultural do carste e das cavernas. Busca-se também, a espacialização das informações, a fim de colaborar com as discussões sobre o uso religioso de cavernas e inserir a temática nos estudos de Geografia da Religião em particular, e da Geografia Cultural em geral. Sítios culturais e sagrados ocorrem em uma variedade de paisagens e, por essa razão o trabalho deve abrir um caminho em meio à Carstologia nacional, em um campo de pesquisas ainda muito pouco trabalhado sistematicamente no Brasil. Pretende-se contribuir para a união entre a preservação do patrimônio cultural do carste e a conservação do patrimônio geológico e espeleológico. O trabalho fundamenta-se no aprofundamento teórico dos temas relacionados às paisagens

cársticas e sua relação com o turismo cultural e religioso, através de revisão bibliográfica destacando a importância dos trabalhos de vários geógrafos importantes capazes de aliar os estudos físicos e humanos. São eles Humboldt, Malte-Brun, Reclus, Nicod e Gauchon. Dessa forma estabeleceu-se uma linha do tempo até os dias de hoje. Outros naturalistas também são citados, oferecendo maior peso à importância cultural do carste. A revisão bibliográfica se propôs a demonstrar e discutir a aplicabilidade de conceitos como *topofilia*, *topofobia*, *sagrado* e *profano* ao carste, relacionando-os a exemplos nacionais e internacionais. Essa etapa foi importante para a construção de um referencial teórico básico, essencial para o desenvolvimento da temática do trabalho. Foi inserida a metodologia de inventariação e quantificação para a avaliação do patrimônio geomorfológico utilizada por Pereira (2006) e aplicada pela primeira vez ao carste português por Forte (2008). O uso destas metodologias visa sua adaptação e aplicação aos sítios sagrados nacionais. Os resultados indicam que o patrimônio cultural da paisagem cárstica tem se tornado objeto de destaque na comunidade científica internacional e nacional, embora, ainda que poucos trabalhos abordem a temática no Brasil. Igualmente recentes são os trabalhos que apresentam a importância cultural do carste e das cavernas. Assim, as questões que foram tratadas no trabalho, de maneira resumida, devem ser vistas como uma contribuição para a Geografia e a Carstologia, ambas consideradas como ciências plurais.

Palavras-chave: Carste, Cavernas, Geografia Cultural, Geografia da Religião.

Abstract

The karst landscape and the caves can be perceived by several people in an equally varied way. From the layman to the scientist, especially caves, assume different meanings according to historical and cultural conditions of a particular society. Therefore, one can say that the human relationship with caves is not really new in the history of mankind. It is also not less new the motivation for their use as shelters, safe houses and sacred places. Thus, caves and karst are important historical and geographic records of specific regions. Often they present common features of various cultures as shown throughout this work. As a general objective of this research, it is proposed the investigation of the cultural use of karst and caves based on the Cultural Tourism. Through extensive literature review, study of the areas protected by UNESCO, the analysis of the sites visited by Hayes (2005-2009) and the study of four specific cave shrines (two in Brazil, in Minas Gerais) and two in Slovenia-Italy the objective is to undertake a study that helps to promote the dissemination of the cultural use of karst and caves. It is also intended to spatialize the information and contribute to the discussions on the religious use of caves and insert this topic in the studies of the geography of religion in particular and of the Cultural Geography in general. Sacred and cultural sites occur in a variety of landscapes and, thus, the research should help to start the discussions through the national karstology in a field of study which is still very little researched systematically in Brazil. It is also intended to make a contribution to the union between the preservation of cultural heritage and the conservation of the karst geological heritage

and its caves. The work is also based on deeper theoretical issues related to karst landscapes and their relation to the cultural and religious tourism, based on a bibliographical review highlighting the importance of the work of several important geographers who combined the physical and human studies. They were Humboldt, Malte-Brun, Reclus, Nicod, and Gauchon. Thus it was established a timeline to the present day. Other naturalists are also mentioned, giving a greater meaning to the cultural importance of karst and caves. The literature review aimed to demonstrate and discuss the applicability of concepts such as topophilia, topophobia, sacred and profane applied to the karst, linking them to national and international examples. This step was important for the construction of a theoretical base which was essential for the development of the research thematic. While developing the work, the researcher introduced the methodology of inventariation and quantification for the evaluation of the geomorphological patrimony used by Pereira (2006) and first applied to the Portuguese karst by Forte (2008) to the Brazilian sacred sites. The results indicate that the cultural heritage of the karst landscape has become a source of distinction in the international and national scientific community, though, yet little work on the theme is made nationally. Equally recent are the works that present the cultural importance of karst and caves. Thus, the issues that were treated in the research should be seen as a contribution to Geography and Karstology, both considered as plural sciences.

Keywords: Karst, Caves, Cultural Geography, Geography of Religion.

Orientadores/Advisors: Prof. Dr. Oswaldo Bueno Amorim Filho & Prof. Dr. Andrej Kranjc.

Referência

TRAVASSOS, Luiz Eduardo Panisset. *A importância cultural do carste e das cavernas*. 2010. 372f. Tese (Doutorado). Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.sbe.com.br/espeleo-tema.asp