

# HISTÓRICO DAS PESQUISAS ESPELEOCLIMÁTICAS EM CAVERNAS BRASILEIRAS

## HISTORIC OF SPELEOCLIMATIC RESEARCHES IN BRAZILIAN CAVES

Heros Augusto Santos Lobo

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente – UNESP – Rio Claro, SP.

Contato: [heroslobo@hotmail.com](mailto:heroslobo@hotmail.com)

### Resumo

O estudo dos sistemas atmosféricos subterrâneos se iniciou no Brasil há menos de cinquenta anos atrás. Desde então, três períodos distintos foram identificados no estudo do espeleoclima brasileiro. No primeiro deles, entre os anos de 1960 e 1980, eram realizadas apenas aferições pontuais de temperatura e umidade relativa do ar, durante algumas pesquisas espeleológicas em cavernas dos estados de Minas Gerais e São Paulo. No segundo período, nos anos de 1990, iniciam-se os primeiros trabalhos de monitoramento sistemático do espeleoclima, incluindo a primeira dissertação de mestrado sobre o tema no país. Por fim, o terceiro período, com a virada do século, com o aumento dos trabalhos de monitoramento com finalidade de conservação ambiental, bem como de teses e dissertações de pós-graduação sobre aspectos específicos da atmosfera subterrânea. As conclusões apontam as evoluções tecnológicas nos protocolos de coleta e registro de dados, bem como a necessidade de estudos de longo prazo, tanto pela necessidade de conhecimento da dinâmica atmosférica subterrânea das cavernas brasileiras quanto pela possibilidade de conservação ambiental com base em estudos espeleoclimáticos.

**Palavras-Chave:** Atmosfera Subterrânea; Espeleoclima; Microclima; Monitoramento Microclimático.

### Abstract

*The studies of cave atmosphere systems began in Brazil less the fifty years ago. Since this time, three main periods were identified in the brazilian speleoclimatic research. In the first phase, between the years of 1960 and 1980, were made just point measurements of air temperature and relative humidity, during some speleological researches in caves from São Paulo and Minas Gerais state. In the second phase, during the 1990's, the first researches of speleoclimate monitoring were initiated, including the first study of post-graduation about the theme in Brazil. In the final phase, during the XXI century, a raise of the researches of cave atmosphere with the goal of environmental conservation was noted, as well in thesis and dissertations focusing in some specific aspects of underground atmosphere. The conclusions highlight the technological evolution in the protocols of collection and registration of atmospheric data, beyond the requirement of long term studies, both for the necessity of information about the dynamics of cave atmosphere in Brazilian caves as for the possibilities of environmental conservation based on speleoclimatic studies.*

**Keywords:** Cave Atmosphere; Speleoclimate; Microclimate; Climate Monitoring.

Eixo temático: Climatologia  
Recebido em: 12.nov.2010

Aprovado em: 01.dez.2010

## 1. INTRODUÇÃO

As cavernas se constituem em espaços subterrâneos confinados em rochas, cuja espessura pode variar entre dezenas e centenas de metros, com um ou mais acessos à superfície. Além das rochas, água e seres

vivos, uma parcela invisível do meio físico compõe também estes espaços: a sua atmosfera. O ambiente cavernícola é um dos mais estáveis do planeta, dado que o envolvimento pelas rochas resguarda a atmosfera subterrânea da magnitude de variações climáticas do meio externo. Assim,

de um modo geral, a atmosfera subterrânea é caracterizada como um microclima. Por conta disso, alguns autores (e.g. Heaton, 1986; Cigna, 2004) a tratam de forma generalista e parcial, classificando os ambientes cavernícolas como sistemas atmosféricos fechados. Por outro lado, em uma perspectiva mais ampla de análise, autores como Mangin et al. (1999), Stoeva; Stoev (2005) e definem o ambiente subterrâneo como um sistema mais estável, sendo mencionado por Bourges et al. (2006) em função de seu habitual estado estacionário, com dependência de fluxos térmicos, hídricos e gasosos.

O conhecimento do microclima subterrâneo se explica por sua importância para a compreensão dos habitats dos seres vivos, das características do passado e do presente e da natureza do regime higrótérmico em espaços confinados na superfície (Bailey, 2005). Os estudos da atmosfera subterrânea também se justificam pela necessidade de compreensão dos mecanismos de interação atmosfera-rocha, de modo a identificar sua contribuição para a espeleogênese (Cigna; Forti, 1986) e para a corrosão por condensação (Dreybrodt et al., 2005).

Neste contexto, o presente trabalho de pesquisa bibliográfica e documental teve por objetivo traçar um panorama histórico dos estudos da atmosfera subterrânea no Brasil. Em sua maioria, os trabalhos foram analisados em função dos aspectos metodológicos de coleta e registro de dados e, em alguns casos, os principais resultados obtidos também foram expostos.

## 2. ASPECTOS BÁSICOS DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS SUBTERRÂNEOS

A atmosfera das cavernas é marcada por singularidades que a diferenciam dos demais sistemas atmosféricos naturais, em função de fatores como o confinamento espacial, a ausência de luz e a baixa incidência de energia solar direta (Buecher, 1999; Cigna, 2004). Em conjunto com a litosfera, a pedosfera, a biosfera e a antroposfera (Forti, 2009), constitui-se em elemento-chave de um sistema cárstico, intervindo em processos que interferem tanto na transformação do meio físico (Cigna; Forti, 1986; Freitas; Schmekal, 2003) quanto na manutenção da fauna

cavernícola (Hoenen; Marques, 2000; Trajano; Bichuette, 2006).

A atmosfera subterrânea apresenta processos físico-químicos de transferência e conservação de energia e massa semelhantes aos encontrados em sistemas atmosféricos da superfície terrestre, mas em intensidades atenuadas na maioria dos casos. A reposição energética ocorre a partir de fluxos gasosos e hídricos de troca com o ambiente externo, o qual recebe incidência direta da radiação solar, bem como sob influência geotermal. Trata-se de um sistema aberto e homeostático, com ajustes controlados por mecanismos inter-relacionados de regulação, possibilitando a manutenção de uma condição primária de estabilidade (Watson; Lovelock, 1983; Lovelock, 2006), em uma modelagem dinâmica que condiciona a um estado estacionário da atmosfera. Esta modelagem, dinâmica e homeostática, deve ser observada com cautela, devido o risco de instabilidade estrutural, que pode ser causado por pequenas mudanças no modelo (Abraham, 2009). No caso de ambientes subterrâneos, esta mudança fundamental no modelo pode ser interpretada pela simplificação da biosfera, muito provavelmente incapaz de regular o ambiente em processo de retroalimentação, assim como sugerem, para os casos gerais, Williams (1992) e Lenton (1998). Todavia, trabalhos recentes têm demonstrado a retroalimentação existente entre a biosfera e a atmosfera, como no caso das cianobactérias oceânicas e a formação de nuvens, corroborando em parte com as hipóteses geofisiológicas de James A. Lovelock. Esta nova perspectiva vem sendo usada com maior frequência em estudos de dinâmica climática, em função dos princípios de vulnerabilidade do ambiente relativos à antropização (Mertz et al., 2009). No caso das cavernas, embora o tema ainda não seja foco de estudos diretos, consideram-se possibilidades preliminares semelhantes para as cavernas que abrigam extensas colônias de morcegos em seu interior. A aglomeração de animais de sangue quente gera alterações na temperatura do ar, exercendo com isso um fator de regulação térmica no ambiente (Moreira; Trajano, 1992). Além disso, os excrementos gerados pelos morcegos se acumulam em grandes depósitos de matéria orgânica, que interagem com o meio físico tanto pelos gases gerados pela sua decomposição quanto pelos depósitos minerais

de compostos orgânicos que geram até mesmo espeleotemas.

As especificidades espaço-temporais, geofisiológicas e geofisiográficas mencionadas permitem a compreensão da diferenciação dos sistemas atmosféricos subterrâneos (SAS), preliminarmente caracterizados em sua escala espacial como um microclima. Trata-se da menor escala espacial de análise atmosférica, variável entre poucos metros até 10km, inferior ao mesoclima, que varia entre 10km e 2000km, e ao macroclima, que corresponde às escalas superiores aos 2000km (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007).

Na dimensão vertical, Mendonça; Danni-Oliveira (2007) e Foken (2008) afirmam que a camada microclimática se estende até 100m de altura do solo. No entanto, Geiger (1951) afirma que esta espessura é variável, dependendo das condições de relevo, da cobertura vegetal e da urbanização, com o que concorda Bailey (2005). Apesar das definições cujo enfoque maior se dá na dimensão espacial, a caracterização do microclima está mais associada aos processos ocorridos em camadas superficiais da atmosfera, como os fluxos de energia e matéria, os processos de radiação junto ao solo e os efeitos da superfície subjacente (Foken, 2008). Carvalho (2001) alerta também que o microclima não se resume em um mero fenômeno atmosférico próximo ao solo, devendo ser compreendido como um meio ambiente em seu sentido mais imediato e funcional.

Todavia, os estudos mencionados anteriormente – à exceção de Carvalho (2001) – se referem às características do microclima em superfície. Para o sistema atmosférico subterrâneo, não existe um estudo específico que determine qual o termo mais adequado a ser usado para a sua correta designação. Exemplos encontrados em pesquisas anteriores foram o topo-clima (Moreira; Trajano, 1992; Foken, 2008), o espeleoclima (César Jr., 1980; Zelinka, 2002; Kranjc; Opara, 2002; Pflitsch; Piasecki, 2003), a espeleometeorologia (Pflitsch; Piasecki, 2003), o criptoclima (Bailey, 2005), o clima subterrâneo (Mangin; Andrieux, 1988; Badino, 2004) e o clima de caverna (Pflitsch; Piasecki, 2003; Badino, 2004; Cigna, 2005). Todavia, o termo microclima é, sem dúvida, o mais utilizado, conforme foi observado nos trabalhos

de Dragovich; Grose (1990), Choppy; Cigna (1994), Hoyos et al. (1998), Sánchez-Moral et al. (1999), Freitas; Schmekal (2003), Fernández-Cortés (2006a, b) e Liñan et al. (2008).

Por outro lado, as características espaciais dos ambientes cavernícolas condicionam uma nomenclatura mais focada para os sistemas atmosféricos subterrâneos. Assim, termos como espeleoclima ou então microclima subterrâneo/cavernícola, aparecem como mais representativos para tais especificidades. No presente trabalho, optou-se pelo uso do termo espeleoclima.

### 3. ESTUDOS DO ESPELEOCLIMA NO BRASIL

No Brasil, os estudos espeleoclimáticos ainda estão em fase de iniciação. Considerando o acervo histórico da biblioteca da Sociedade Brasileira de Espeleologia e bancos de dados pesquisados, foram encontradas 32 pesquisas distintas, publicadas em diversos trabalhos sobre perfilagem ou monitoramento climático feitos no país; além de outros estudos pontuais, em sua maioria realizados por biólogos em momentos de coleta de fauna, que não foram considerados na presente análise. Destes, destacam-se dissertações de mestrado, na gruta do Lago Azul, em Bonito-MS, na gruta Olhos d'Água, em Castro-PR e em dez cavernas do Parque Estadual Intervales, em Ribeirão Grande-SP, além de outros dois trabalhos de pós-graduação em andamento: uma pesquisa de doutorado sobre Radônio –  $^{222}\text{Rn}$  – nas cavernas do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), Iporanga-SP; e uma pesquisa de doutorado sobre espeleoclima e impactos do turismo na caverna de Santana, PETAR.

Diferente de outros países, onde monitoramentos são realizados há décadas ou até mesmo séculos, os estudos mais extensos feitos no país não chegam a atingir dois anos de monitoramento contínuo – à exceção da já citada pesquisa sobre o  $^{222}\text{Rn}$  no PETAR. Além disso, em sua maioria estão centrados em aferições pontuais de temperatura do ar ou monitoramentos temporais da temperatura e umidade relativa do ar. A evolução temporal destes estudos é nitidamente percebida, dividida para efeitos de análise em três fases:

os perfis exploratórios dos anos 1960 e 1980; os monitoramentos pioneiros dos anos 1990; e os estudos e monitoramentos atuais, iniciados após a virada do século XXI.

### 3.1. Primeira fase: os perfis exploratórios dos anos 1960 e 1980

Os primeiros estudos relacionados à atmosfera subterrânea no Brasil foram feitos por membros de grupos de espeleologia. Em meados dos anos 1960 e 1970, era comum que, nos trabalhos de campo, fossem feitos registros pontuais e perfis de temperatura e umidade relativa do ar, com termômetros e psicrômetros de funda. Não se tratavam, portanto, de monitoramentos atmosféricos, mas apenas de obtenção de dados pontuais.

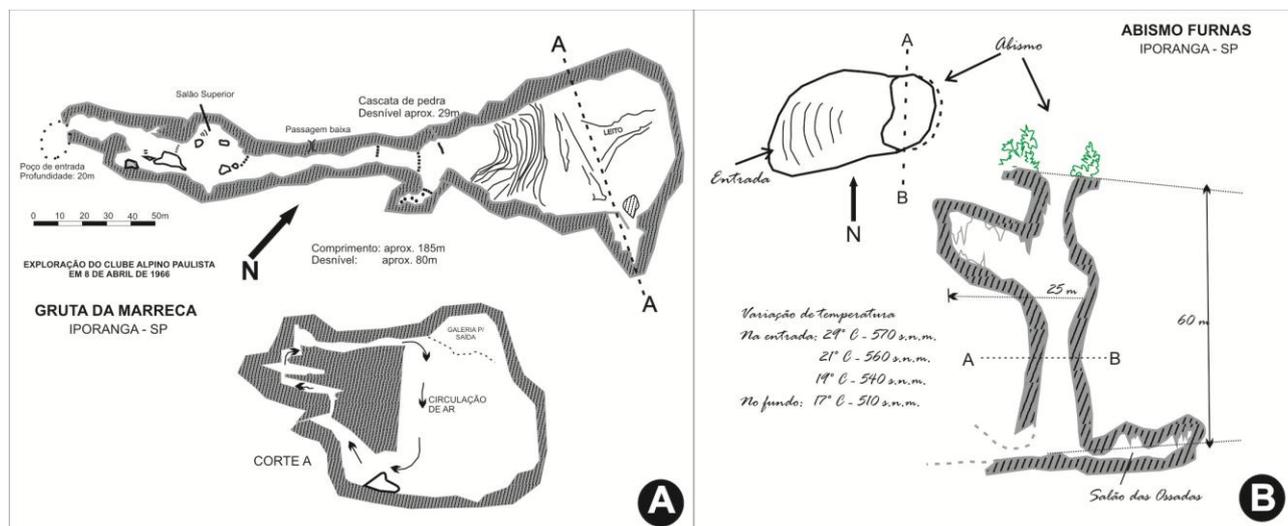
Os registros mais antigos encontrados datam de 1966 e 1967, na tradicional Revista da Escola de Minas (REM), da Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais. Nelas são feitos relatos de um trabalho de campo de 1965 da Sociedade Excursionista Espeleológica (SEE) à gruta da Tapagem, mais conhecida como caverna do Diabo, em Eldorado-SP. Na ocasião foi desenvolvido um estudo de “meteorologia hipógea”, por Sérgio Almeida Junqueira e Rafael de Fuccio Júnior, com o objetivo de compreender a circulação de ar em seu interior. Para tanto, foi feito um monitoramento de quatro dias, com perfil em dez pontos para a temperatura e umidade relativa do ar e de quatro pontos para temperatura da água. Além disso, foi inferido o vento dentro da cavidade. As conclusões apontaram para a alta umidade relativa do ar, um fluxo de ar adentrando a caverna, e uma temperatura média mais elevada no salão da Catedral (Matos, 1966; Krüger, 1967). Da SEE vem também o segundo relato encontrado, com diversas aferições de temperatura e umidade relativa do ar na gruta da Água Suja, em Iporanga-SP (Leal, 1969).

Nos anos de 1970 a quantidade de trabalhos pontuais sobre a atmosfera subterrânea cresce sensivelmente. No boletim Espeleo-Tema nº 7, de 1976, Guy Christian Collet relata sobre a necessidade de se fazer um “perfil isotérmico do laboratório: correnteza e temperaturas, modificações com a permanência de pessoal no interior” (Collet,

1976, p. 8). Também enfatiza o projeto de realização de perfil térmico do ar e da água, em relação à meteorologia externa. Tais trabalhos se referem ao laboratório subterrâneo montado na gruta Laboratório I, em Iporanga-SP, que funcionou durante a década em questão. No mesmo ano, na edição nº 8 do referido boletim, Temperini (1976) apresenta um pequeno parágrafo, descrevendo as características do espeleoclima. A autora faz menção a estudos no exterior, o que leva a crer que, àquela época, ainda não existiam pesquisas brasileiras sendo desenvolvidas sobre o tema. Na mesma edição, Peter Slavec apresenta dados referentes a estudos hidrológicos no sistema Areias, em Iporanga, o que inclui aferições pontuais da temperatura da água (Slavec, 1976a). Também é notável o esforço de Luiz Guilherme Assunção, em descrever no seu relatório da exploração realizada em abril de 1966, na caverna da Marreca, em Iporanga, o provável fluxo de circulação de ar em seu interior, chegando a preparar um esboço em corte transversal (Assunção, 1976), reproduzido na Figura 1a.

Percebe-se que a aferição pontual de temperatura do ar e, quando possível, da água, era uma atividade rotineira das expedições espeleológicas desta época. Muitos trabalhos fazem menção à média de temperatura, tais como: Silva (1975), para as grutas do Boquete, Capim Vermelho, do Desenho e Tatu e Coura; Hashizume (1975) para as grutas do Índio e Bonita, ambos em Januária-MG; Gusso (1976) para as grutas Alambari de Baixo e de Cima, em Iporanga-SP; Slavec (1976b) para a abismo de Furnas, no mesmo município, cujo esboço e perfil térmico em corte vertical é reproduzido na Figura 1b; Milko (1984), com medições feitas em 1979 no sistema São Mateus, Goiás; González; Zavan (1986), com medições pontuais de temperatura do ar e da água para as cavernas Santana, Morro Preto, Couto, Água Suja, Ouro Grosso, Alambari de Cima, Alambari de Baixo, Areias e Laboratório I, todas em Iporanga-SP.

Três trabalhos se destacam nesta primeira fase, por apresentarem maior consistência teórica, detalhamento metodológico e uma contribuição inicial à espeleologia brasileira sobre a atmosfera subterrânea.



**Figura 1: a – gruta da Marreca, apresentando esquema preliminar de circulação de ar em corte transversal em seu interior, inferido em visitas de campo. Adaptado de Assunção (1976); b – abismo de Furnas, com anotações de temperatura do ar estratificadas verticalmente, conforme apresentado por Slavec (1976b).**

**Figure 1: a – Marreca grotto, showing a preliminary model of airflow in a side view, inferred in field researches. Adapted from Assunção (1976); b – Furnas pit, with specific notes of air temperature in a vertical stratification, as presented for Slavec (1976b)**

O primeiro deles foi publicado nos anais do X Congresso Nacional de Espeleologia, de autoria de Francisco Pavia. Em seu trabalho de pesquisa teórica o autor faz considerações sobre a diversidade microclimática das cavernas, sua relação com a conservação de vestígios arqueológicos, a alta umidade do ar e, principalmente, da circulação de ar em função da diversidade morfológica das cavernas (Pavia, 1975), sob influência de pesquisadores europeus, como o espanhol Noel Llopis-Lladó e o francês Félix Trombe.

O segundo, de Nelson da Silva César Júnior, foi também publicado nos anais do Congresso Brasileiro de Espeleologia, em sua 14ª edição, no ano de 1980. O autor apresentou resultados de sua pesquisa realizada na gruta do Laboratório, em Iporanga. Para tanto, instalou termômetros dentro e fora da cavidade, relacionando os pontos de medição da temperatura do ar, das rochas e, quando o caso, da água, com a distância em relação à boca e a altura em relação ao rio. Em suas conclusões, o autor propôs uma estratificação vertical da caverna, dividida em três camadas: uma de grande variação térmica; outra zona de maior estabilidade relativa; e a zona mais profunda, cujas temperaturas eram mais elevadas (César Júnior, 1980).

Por fim, o trabalho de campo realizado por José Roberto de Alencar Moreira e Eleonora Trajano, em 1988, nas cavernas Pedra da Cachoeira, Planaltina e Limoeiro, na região de Altamira, Pará. Trata-se do trabalho com metodologia mais complexa e sistemática desta fase, já demonstrando uma tendência de transição com os trabalhos dos anos de 1990. Os autores fizeram um perfil térmico com psicômetro, com seis coletas diárias espaçadas em quatro horas entre si. Os dados foram comparados com aferições externas regionais. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram analisados em estado bruto e pelo desvio padrão, de forma a possibilitar análises da estabilidade atmosférica à medida que se avança no interior das cavidades pesquisadas. Para uma das cavernas, a Planaltina, os autores também levantam hipóteses sobre a influência de colônias de morcegos e seus respectivos depósitos de guano no aumento da temperatura do ar aferida. Por fim, classificam os ambientes das cavernas em quatro categorias: os salões próximos à entrada, com influência direta do clima externo; as galerias de rio, com umidade próxima à saturação; as galerias secas, com umidade inferior; e as galerias mais ao fundo das cavernas, com influência das grandes populações de morcegos no aumento da temperatura do ar (Moreira; Trajano, 1992).

### 3.2. Segunda fase: os monitoramentos pioneiros dos anos 1990

Os anos de 1990 inauguraram uma nova fase no estudo atmosférico subterrâneo no Brasil. Embora o período seja marcado pela pequena quantidade de trabalhos – apenas três pesquisas foram identificadas –, a sua principal característica é o ganho qualitativo, pois é nesta década que se iniciam os trabalhos de monitoramento de longo prazo no país.

Esta fase se inicia com o trabalho da geógrafa Sílvia Méri Carvalho, na gruta Olhos d'Água, em Castro-PR. Entre agosto de 1991 e agosto de 1992, foi desenvolvida uma pesquisa de mestrado, a primeira no país sobre espeleoclima, vinculada ao Programa de Geografia e Meio Ambiente da UNESP de Rio Claro. Os estudos foram concentrados na aferição dos seguintes atributos atmosféricos: temperatura do ar, umidade relativa do ar, evaporação e pressão atmosférica, em quatro pontos no interior da cavidade e em outro externo, em seu entorno. O monitoramento foi feito considerando as quatro estações do ano, nas quais foi selecionado um período típico de dez dias para as coletas de dados. Os equipamentos usados foram termohigrógrafos, evaporígrafo e barógrafo. As conclusões apontaram grande estabilidade higrotérmica na caverna, proporcional à distância da ressurgência, com influências na circulação de ar nos períodos de inverno e verão. As maiores temperaturas foram observadas na primavera, ao passo que as taxas de evaporação são maiores no verão. Por sua vez, a pressão atmosférica, embora pouco variável, é mais elevada no inverno. Ao fim, a autora ressalta a importância do espeleoturismo para contribuir com a conservação da gruta Olhos d'Água, de forma a evitar a sua depredação pelo uso esporádico desregrado (Carvalho, 2001).

Entre os anos de 1998 e 1999, uma equipe de pesquisadores belgas e brasileiros desenvolveu o segundo trabalho marcante deste período. Os maiores feitos metodológicos da equipe foram a inovação tecnológica, com o uso de registradores automáticos de dados, o monitoramento contínuo e a realização de estudos simultâneos em cavernas em duas regiões brasileiras: a caverna Paineira, em Goiás e a gruta João Arruda, em Mato Grosso do Sul. Os autores trabalharam com a temperatura do ar, pressão

atmosférica e taxas de gotejamentos em estalactites. Em suas conclusões, ressaltam a estabilidade climática da cavidade goiana, em oposição à grande amplitude térmica – de 13°C – da caverna sul-mato-grossense (Sondag et al., 2003).

Ainda no final dos anos 1990, se inicia um dos trabalhos mais focados em espeleoclima e conservação ambiental já realizado no Brasil. Trata-se do Estudo de Impacto Ambiental do Monumento Natural Gruta do Lago Azul, que engloba a caverna homônima à Unidade de Conservação e a gruta Nossa Senhora Aparecida.

Os aspectos metodológicos deste trabalho se fazem transparecer pelo rigor no monitoramento microclimático em ambas as cavernas, com o uso de redes compostas por quatro à cinco pontos de aferição e registro simultâneo em cada uma delas, em intervalos regulares de trinta minutos, durante um ano. Outro aspecto digno de nota é o uso, provavelmente pioneiro no mundo, da metodologia de capacidade de carga de Cifuentes (Cifuentes-Arias et al., 1999) em cavernas – originalmente desenvolvida para trilhas em florestas tropicais. Parte deste estudo também foi conduzido na forma de uma dissertação de mestrado, de Silva (2003).

Os principais resultados advindos desta contribuição, além do conhecimento da dinâmica atmosférica das cavernas estudadas, foram no campo metodológico. Especial destaque para a confirmação da utilidade da metodologia de capacidade de carga de Cifuentes em cavernas cuja variação climática possua alta correlação com o meio externo, como é o caso das grutas do Lago Azul e Nossa Senhora Aparecida. Para a gruta do Lago Azul, esta correlação é ainda maior, pois reflete diretamente até mesmo na umidade relativa do ar (UFMS, 2002; Boggiani et al., 2007).

### 3.3. Terceira fase: os estudos e monitoramentos do início do século XXI

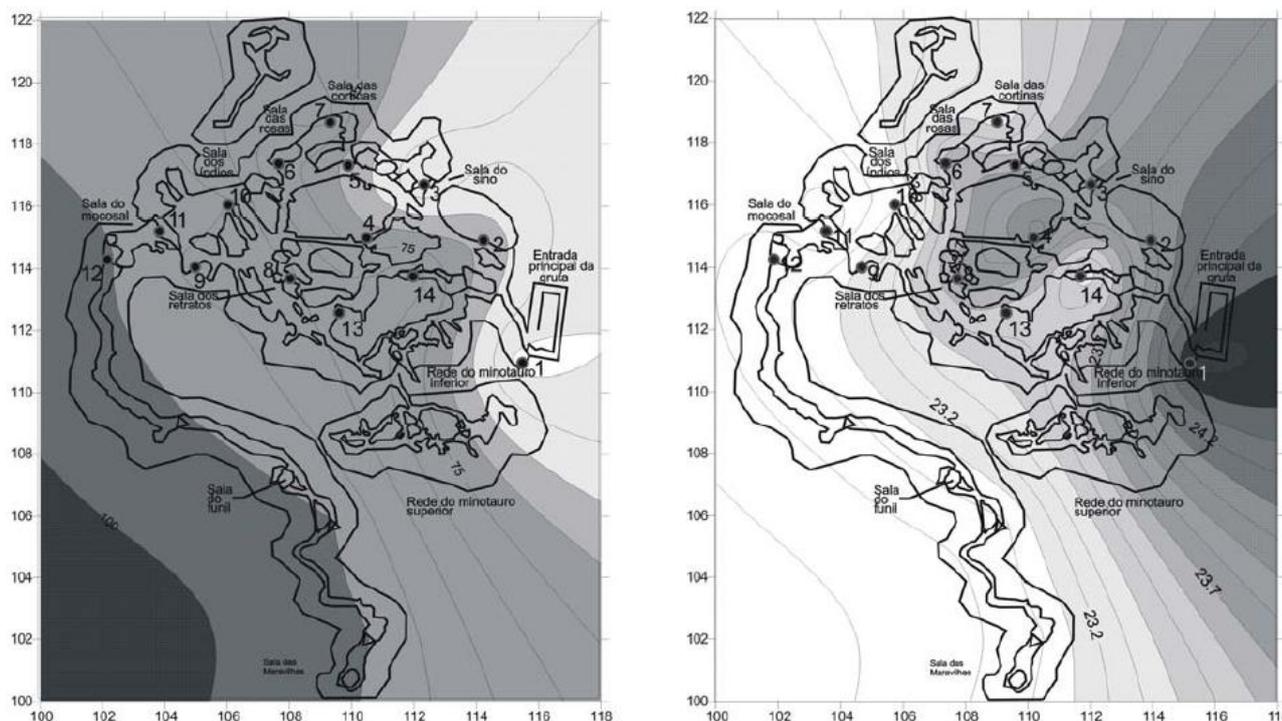
Se até o final do século XX o panorama geral dos estudos espeleoclimáticos brasileiros ainda era restrito, o início do século XXI trouxe novo alento quantitativo de estudos sobre a atmosfera subterrânea no país. Sem margem de dúvidas, o grande fator motivador destes estudos foi o aumento da cobrança dos órgãos

ambientais estaduais e federais quanto ao adequado manejo de cavernas abertas ao turismo. Bons exemplos nesse sentido foram feitos nas grutas de Botuverá, em Santa Catarina (Rabelo et al., 2003), no período entre dezembro de 1999 e novembro de 2000; e de Ubajara, no Ceará (Veríssimo et al., 2003, 2005), entre outubro de 2002 e junho de 2003.

No primeiro caso, as principais hipóteses levantadas giravam em torno dos impactos do uso turístico no espeleoclima e, por consequência, nos espeleotemas e na fauna. Para tanto, foram instalados equipamentos de monitoramento e registro simultâneo de temperatura e umidade relativa do ar – quatro, ao todo –, de registro do tempo de iluminação artificial, dado que a gruta era iluminada com lâmpadas incandescentes e fluorescentes, além de monitoramento de gotejamento em um espeleotema. De um modo

geral, os autores não identificaram relações entre a presença de turistas, ou mesmo da iluminação elétrica utilizada – à exceção da proximidade dos holofotes – com um aumento da temperatura atmosférica na caverna, descartando a hipótese de impactos do turismo no espeleoclima (Rabelo et al., 2003).

Para a gruta de Ubajara, no Ceará, o estudo realizado focou na relação entre o espeleoclima e a capacidade de carga turística da caverna. Para tanto, se utilizaram de 14 termohigrômetros com registradores de dados, distribuídos entre a área externa e o interior da cavidade. As principais conclusões apontaram variações nos parâmetros aferidos em função da dinâmica atmosférica externa à caverna (Veríssimo et al., 2003, 2005). De um modo geral, parte dos principais resultados deste trabalho são ilustrados na Figura 2.



**Figura 2 – Mapa em planta baixa de isógradas (esquerda) e isotermas (direita) da gruta de Ubajara-CE, cuja desenvolvimento total é de 1.120m. As linhas pretas representam os condutos das cavernas e as áreas em tons de cinza, as diferenças nos parâmetros aferidos (Veríssimo et al., 2003, 2005)**

**Figure 2: Floorplan map of Ubajara cave – total length of 1.120m –, showing the horizontal lamination of relative umidity (left) and air temperature (right). The black lines highlight the cave contour, and the areas in gray scale the differences in the measured parameters (Veríssimo et al., 2003, 2005)**

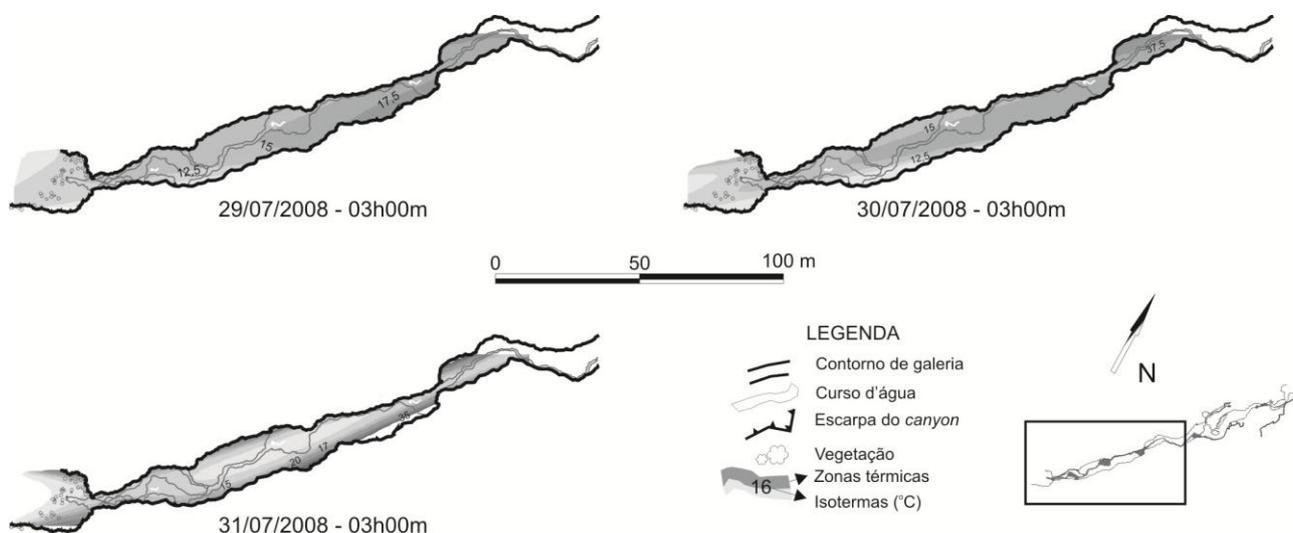
Outros trabalhos visando contribuições ao manejo turístico também foram realizados, como no abismo Anhumas, em Bonito-MS (Costa Júnior, 2004); na gruta do Chapéu, em Apiaí-SP (Sgarbi, 2003); na caverna de Santana, em Iporanga-SP (Sgarbi, 2003;

Scaleante, 2003; Lobo et al., 2009a); na gruta de Maquiné, em Cordisburgo-MG (Lima; Moraes, 2006); na gruta Colorida, em Ribeirão Grande-SP (Longhitano et al., 2007; Rocha et al., 2007); na gruta do Penhasco, em Buritinópolis-GO (Lobo; Zago, 2010) – cujo

resultado é ilustrado na Figura 3; na gruta do Morro Preto, em Iporanga-SP (Lobo et al., 2009b), com parte dos resultados exibidos na Figura 4; e na lapa de Antônio Pereira, localizada em município homônimo, em MG (TRAVASSOS, 2010). O ponto comum entre estes estudos é a simplificação metodológica nos processos de coleta de dados, se atendo a monitoramentos de curto prazo – variável entre um e sete dias –, perfis higrótérmicos e baixa densidade amostral espacial. O mesmo perfil metodológico se repete nos trabalhos realizados em 28 cavernas do Estado de São Paulo, para elaboração de seus respectivos planos de manejo espeleológico. Este trabalho se caracterizou por uma amostragem temporal e espacialmente restrita de dados, nem sempre representativa da dinâmica atmosférica subterrânea, em função de sua característica exploratória. Tal prática precisa ser observada com a devida cautela, sobretudo em função do

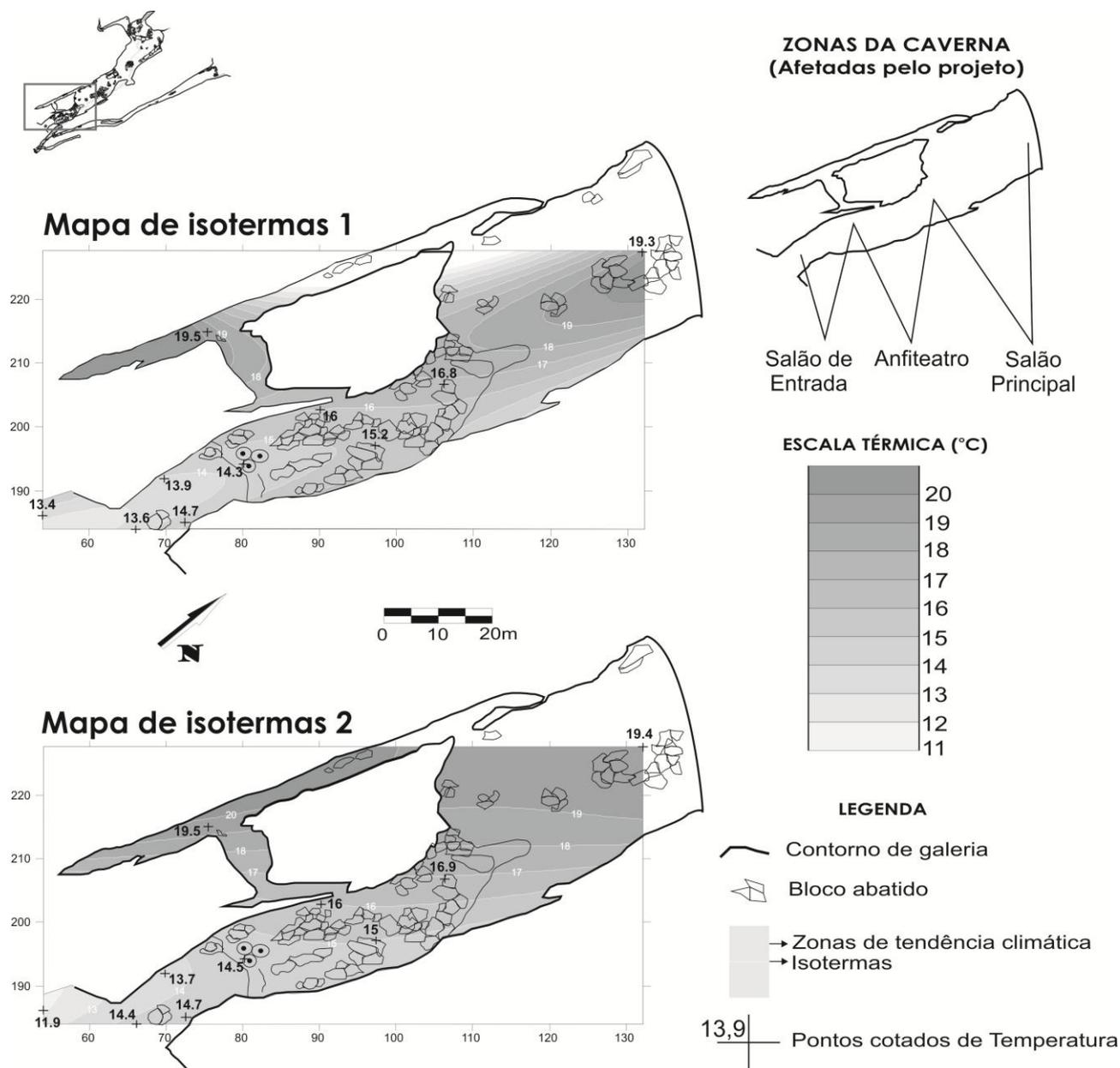
objetivo dos estudos, centrado na análise dos impactos de visitação, a qual prescinde um conhecimento mais amplo do regime da dinâmica atmosférica habitual de cada caverna (cf. Cigna, 2002a, b, entre outros).

Além dos trabalhos especificamente focados em questões de manejo, outros relativos à pesquisas de pós-graduação também têm sido produzidos nos anos 2000. O primeiro deles, em ordem cronológica, é de autoria de Oduvaldo Viana Júnior, que monitorou entre junho de 2000 e setembro de 2001 a temperatura e umidade relativa do ar em dois pontos da já citada caverna de Santana. O objetivo de seu estudo estava centrado na análise da fácies de percolação vadosa autogênica da caverna, utilizando o espeleoclima como dado acessório para as análises efetuadas (Viana Júnior, 2002).



**Figura 3: Planta baixa da gruta do Penhasco, ilustrando o impacto de um experimento com o uso de três carbureteiras em suas isotermas. A figura do dia 29.jul. é anterior ao experimento, a do dia 30.jul. corresponde à aprox. 6 horas após o experimento, com o aparecimento de uma isoterma de 37,5°C ao fundo da área monitorada, próxima ao local onde as carbureteiras se concentraram. A do dia 31.jul. apresenta uma modificação total na atmosfera subterrânea da cavidade (Lobo; Zago, 2010).**

**Figure 3: Floorplan of Penhasco grotto, showing the impacts of an experimental study which used three carbide-based illuminations simultaneously inside the cave. The figure of July, 29 represents the cave atmosphere before the experiment; the July, 30 corresponds to 6 hours after the experiment, with a new thermal zone of 37,5°C, close to the deepest monitored site of the grotto, a few meters from the place where the carbide lights stayed for 3 hours. In the last figure, July 31, it's possible to see a complete modification in the patterns of air temperature inside the grotto (Lobo; Zago, 2010)**



**Figura 4:** Superfícies de tendência de terceira ordem para o espeleoclima da gruta do Morro Preto, considerando duas situações: 1 – antes do evento, às 9:00 hs do dia 17/05/2008; 2 – aproximadamente 18 hs após o evento, às 9:00 hs do dia 18/05/2008. O evento musical teve início à 15:00 hs e encerramento às 16:00 h do dia 17/05/2008 (Lobo et al., 2009b).

**Figure 4:** Partial floorplan with trend surfaces (3rd. order) of the Morro Preto grotto' speleoclimate, considering two different situations: 1 – before the musical event, at 9:00 a.m. from may, 17 2008. The event was realized in may, 17 2008, started to 15 p.m. and finished 16 p.m.; 2 – nearly 18 hours after the musical event, close to 9 a.m. from may, 18 2008 (Lobo et al., 2009b).

Uma segunda pesquisa identificada nesse sentido é de autoria de Simone Alberigi, que trabalha desde 2003 com o monitoramento de  $^{222}\text{Rn}$  nas cavernas Santana, Morro Preto, Couto, Alambari de Baixo, Laje Branca e Água Suja (Alberigi, 2006). Em um primeiro momento as pesquisas atenderam ao seu mestrado, e na atualidade, estão focadas no doutorado. Os resultados destas pesquisas demonstram que os níveis de  $^{222}\text{Rn}$  no ar das cavernas

monitoradas não são alarmantes para a saúde humana, nem mesmo dos condutores de visitantes, que adentram as cavernas com maior frequência. Parte de seus resultados já foi publicada nos trabalhos de Campos et al. (2006), Alberigi; Pecequilo (2007, 2008).

A terceira pesquisa identificada foi conduzida por Bárbara Nazaré Rocha, em dez cavernas do Parque Estadual Intervales, SP. A autora trabalhou em seu mestrado com a

caracterização do espeleoclima das cavernas e sua relação com a visitação.

Por fim, a pesquisa de doutorado de Heros Augusto Santos Lobo, sobre a capacidade de carga com base em parâmetros microclimáticos na caverna de Santana. O autor está desenvolvendo um método de capacidade de carga para cavernas baseado nas alterações registradas em parâmetros atmosféricos fundamentais em função da presença humana.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa teórica realizada permitiu a constatação de dois pontos fundamentais em relação ao estudo do espeleoclima no Brasil:

1. Embora as pesquisas sejam recentes no país, com aproximadamente meio século de história sobre o tema, nota-se nítida evolução nos procedimentos, técnicas e instrumentos utilizados. Partindo dos termômetros analógicos e psicômetros aos termohigrômetros com registrador de dados acoplados e descarga de memória, não somente a evolução tecnológica é perceptível, mas também a possibilidade de obtenção de séries mais longas e confiáveis de dados – em função de seu registro automático, independente da presença humana. Todavia, no Brasil os procedimentos de registro e análise de dados ainda estão aquém do encontrado em países como Eslovênia, França, Espanha, Eslováquia, Austrália ou Estados Unidos, onde já são utilizadas redes integradas de monitoramento atmosférico subterrâneo com transmissão de dados em tempo real para os respectivos institutos de pesquisa ou universidades, tal como demonstrado no trabalho de Fernandez-Cortés (2004).
2. Embora a pressão dos órgãos ambientais públicos tenha aumentado nos últimos anos, a maior parte dos estudos ainda é desenvolvida pela iniciativa privada ou por estudos vinculados a universidades. Considerando que a maioria dos trabalhos desta ordem tem um prazo pré-estabelecido para seu término, as cavernas brasileiras ficam sem o devido acompanhamento de longo termo acerca de sua variabilidade atmosférica subterrânea. Esta lacuna de informação dificulta, inclusive, o

estabelecimento de procedimentos mais adequados de manejo e conservação focados em aspectos biológicos, ecológicos e geológicos cuja interface com o espeleoclima já seja conhecida e considerada relevante.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Ao revisor da Espeleo-Tema, por suas fundamentais contribuições ao manuscrito original.

#### 5. REFERENCIAS

- ABRAHAM, R. The misuse of mathematics. In: EMMER, M.; QUARTERONI, A. (Eds.) **Mathknow: Mathematics, applied sciences and real life**. Milão: Springer, 2009. v.3, p.1-8.
- ALBERIGI, S. **Avaliação da exposição ao <sup>222</sup>Rn nas cavernas do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR)**. 2006. 63 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear – Aplicações), Instituto de Pesquisa em Energia Nuclear, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- ALBERIGI, S.; PECEQUILO, B.R.S. Caves of Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP, Brazil: a study of indoor radon levels and impact of seasonal temperature and humidity. In: INTERNATIONAL NUCLEAR ATLANTIC CONFERENCE, 2007, Santos, SP. **Proceedings**. Santos: ABEN, 2007. p. 1-6.
- ALBERIGI, S.; PECEQUILO, B.R.S. Níveis de Radônio em cavernas do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR). **Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas**, Campinas, v.1, n.1, p.43-55, 2008.
- ASSUNÇÃO, L.G. Exploração da caverna da Marreca. **Espeleo-Tema**, São Paulo, v.8, p.23-25, 1976.
- BADINO, G. Cave temperatures and global climatic change. **International Journal of Speleology**, Bologna, v.33, n.1, p.103-114, 2004.
- BAILEY, W.G. Microclimatology. In: OLIVER, J.E. (Ed.) **Encyclopedia of world**

- climatology**. Dordrecht: Springer, 2005. p.486-499.
- BOGGIANI, P.C.; SILVA, O.J.; GESICKI, A.L.D.; GALATI, E.; SALLES, L.O.; LIMA, M.M.E.R. Definição de capacidade de carga turística das cavernas do Monumento Natural Gruta do Lago Azul (Bonito, MS). **Geociências**, Rio Claro, v.26, n.4, p.333-348, 2007.
- BOURGES, F.; GENTHON, P.; MANGIN, A.; D'HULST, D. Microclimates of l'Aven d'Ornac and other French limestone caves (Chauvet, Esparros, Marsoulas). **International Journal of Climatology**, v.26, p.1651-1670, 2006.
- BUECHER, R.H. Microclimate study of Kartchner caverns, Arizona. **Journal of Cave and Karst Studies**, Huntsville, v.61, n.2, p.108-120, 1999.
- CAMPOS, M.P.; PECEQUILO, B.R.S.; ALBERIGI, S.; MAZZILLI, B.P. Thoron exposure among tour guides in southern Brazilian show caves. **International Journal Low Radiation**, v.3, n.2/3, p.217-223, 2006.
- CARVALHO, S.M. Microclimatologia subterrânea da gruta Olhos d'Água (Castro, PR). In: DITZEL, C. de H.M.; SAHR, C.L.L. **Espaço e cultura: Ponta Grossa e os Campos Gerais**. Ponta Grossa: UEPG, 2001. p.443-462.
- CÉSAR JÚNIOR, N. da S. Estudo meteorológico do laboratório subterrâneo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 14, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte: SBE/CPG, 1980. p.140-147.
- CIFUENTES-ARIAS, M.; MESQUITA, C.A.B.; MÉNDEZ, J.; MORALES, M.E.; AGUILAR, N.; CANCINO, D.; GALLO, M.; RAMIREZ, C.; RIBEIRO, N.; SANDOVAL, E.; TURCIOS, M. **Capacidad de carga turística de las áreas de uso público del Monumento Nacional Guayabo, Costa Rica**. Turrialba: CATIE/WWF, 1999. 99 p.
- CHOPPY, J.; CIGNA, A.A. Proposition pour une étude micro-climatique en zones souterraines profondes. **International Journal of Speleology**, Bologna, v.23, n.1/2, p.91-93, 1994.
- CIGNA, A. A. Modern trend in cave monitoring. **Acta Carsologica**, Ljubljana, v.31, n.1, p.35-54, 2002a.
- CIGNA, A. A. Monitoring of caves: conclusions and recommendations. **Acta Carsologica**, Ljubljana, v.31, n.1, p.175-177. 2002b.
- CIGNA, A.A. Climate of caves. In: GUNN, J. (Ed.) **Encyclopedia of caves and karst science**. London: Taylor & Francis, 2004. p.467-475.
- CIGNA, A. A. Radon in caves. **International Journal of Speleology**, Bologna, v.34, n.1/2, p.1-18, 2005.
- CIGNA, A.A.; FORTI, P. The speleogenetic role of air flow caused by convection. 1<sup>st</sup>. contribution. **International Journal of Speleology**, Bologna, v.15, p.41-52, 1986.
- COLLET, G.C. Programa de trabalho para o laboratório subterrâneo de pesquisas – período 1976 – SBE. **Espeleo-Tema**, São Paulo, v.7, p.7-8, 1976.
- COSTA JÚNIOR, E.P.D. **Abismo Anhumas (MS 04): plano de manejo espeleológico**. rev. e ampl. Bonito: Abismo Anhumas, 2004. . 167 p.
- COURA, J.F.; HASHIZUME, B.R. Província espeleológica de Januária. In: CONGRESSO NACIONAL DE ESPELEOLOGIA, 10, 1975, Ouro Preto. **Anais do X...** Ouro Preto: SBE/SEE, 1975. p.41-52.
- DRAGOVITCH, D.; GROSE, J. Impact of tourism in carbon dioxide levels at Jenolan caves, Australia: an examination of microclimatic constraints on tourist cave management. **Geoforum**, v.21, n.1, p.111-120, 1990.
- DREYBRODT, W.; GRABROVSEK, F.; PERNE, M. Condensation corrosion: a theoretical approach. **Acta Carsologica**, Ljubljana, v.34, n.2, p.317-348, 2005.
- FERNÁNDEZ-CORTÉS, A. **Caracterización microclimática de cavidades y análisis de la influencia antrópica de su uso turístico**. 2004. 424 p. Tese (Doutorado em Hidrogeologia e Química Analítica), Universidad de Almería. Almería.

- FERNÁNDEZ-CORTÉS, A.; CALAFORRA, J.M.; SÁNCHEZ-MARTOS, F.; GISBERT, J. Microclimate processes characterization of the giant geode of Pulpí (Almería, Spain): technical criteria for conservation. **International Journal of Climatology**, v.26, p.691-706, 2006a.
- FERNÁNDEZ-CORTÉS, A.; CALAFORRA, J.M.; SÁNCHEZ-MARTOS, F. Spatiotemporal analysis of air condition as a tool for the environmental management of a show cave (Cueva del Agua, Spain). **Atmospheric Environment**, v.40, p. 7378-7394, 2006b.
- FOKEN, T. **Micrometeorology**. Berlin: Springer-Verlag, 2008. 306 p.
- FORTI, P. Espeleothems (palestra). INTERNATIONAL CONGRESS OF SPELEOLOGY, 15, 2009, Kerrville. **CD-ROM**. Kerrville: UIS/NSS, 2009.
- FREITAS, C.R. de; SCHMEKAL, A. Condensation as a microclimate process: measurement, numerical simulation and prediction in the Glowworm cave, New Zealand. **International Journal of Climatology**, v.23, p.557-575, 2003.
- GEIGER, R. Microclimatology. In: MALONE T.F. (ed.) **Compendium of meteorology**. Boston: American Meteorological Society, 1951. p. 993-1003.
- GONZÁLEZ; E.L.; ZAVAN, S. da S. Análises físico-químicas e bacteriológicas em águas provenientes de algumas cavernas do Alto Ribeira, SP. **Espeleo-Tema**, São Paulo, v.15, p.43-52, 1986.
- GUSSO, G.L.N. Complexo Alambari/1974. **Espeleo-Tema**, São Paulo, v.10, p.15-16, 1976.
- HEATON, T. Caves: a tremendous range in energy environments on earth. **National Speleological Society News**, Huntsville, v.08, n.44, p.301-304, 1986.
- HOENEN, S.; MARQUES, M.D. Adaptação temporal e o ambiente cavernícola: uma interpretação. **Biotemas**, v.13, n.1, p.129-144, 2000.
- HOYOS, M.; SOLER, V.; CAÑAVERAS, J.C.; SÁNCHEZ-MORAL, S.; SANZ-RUBIO, E. Microclimatic characterization of a karstic cave: human impact on microenvironmental parameters of a prehistoric rock art cave (Candamo cave, Northern Spain). **Environmental Geology**, Berlin, v.33, n.4, p.231-242, 1998.
- KRANJC, A.; OPARA, B. Temperature monitoring in Skocjanske Jame caves. **Acta Carsologica**, Ljubljana, v.31, n.1, p.85-96, 2002.
- KRÜGER, M.V. A gruta da Tapagem – II parte. **Revista da Escola de Minas**, Ouro Preto, v.25, n.4, p.173-177, 1967.
- LEAL, J.R.L.V. Gruta da Água Suja. **Revista da Escola de Minas**, Ouro Preto, v.27, p.37-42, 1969.
- LENTON, T.M. Gaia and natural selection. **Nature**, v.394, p.439-447, 1998.
- LIMA, T.F.; MORAES, M.S. de. Contribuições para o desenvolvimento de plano de manejo em ambiente cavernícola – gruta do Maquiné: um estudo de caso. **Geonomos**, Belo Horizonte, v.14, n.1/2, p.45-53, 2006.
- LIÑÁN, C.; VADILLO, I.; CARRASCO, F. Carbon dioxide concentration in air within the Nerja cave (Malaga, Andalusia, Spain). **International Journal of Speleology**, v.37, n.2, p.99-106, 2008.
- LOBO, H.A.S.; ZAGO, S. Iluminação com carbureteiras e impactos ambientais no microclima de cavernas: estudo de caso da lapa do Penhasco, Buritópolis-GO. **Geografia**, Rio Claro, v.35, n.1, p.183-196, 2010.
- LOBO, H.A.S.; PERINOTTO, J.A. de J.; POUDOU, S. Análise de agrupamentos aplicada à variabilidade térmica da atmosfera subterrânea: contribuição ao zoneamento ambiental microclimático de cavernas. **Revista de Estudos Ambientais**, Blumenau, v.11, n.1, p.22-35, 2009a.
- LOBO, H.A.S.; PERINOTTO, J.A. de J.; BOGGIANI, P.C.; ZAGO, S. Eventos musicais causam impactos no microclima de cavernas? Avaliação das alterações na atmosfera subterrânea da gruta Morro Preto (PETAR, Iporanga-SP). **Geonomos**, Belo Horizonte, v.17, n.1, p.01-10, 2009b.

- LONGHITANO, G.A.; ROCHA, B.N.; ÂNGELO FURLAN, S. Caracterização microclimática da gruta Colorida Parque Estadual de Intervalos, SP. In: RASTEIRO, M.A.; SILVA, L.A. da.; LEVY, M. de O.P.; LUCON, T.N.; RENÓ, R. (Eds). CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 29, Ouro Preto. **Anais**. Ouro Preto: SBE/SEE, 2007. p.183-189.
- LOVELOCK, J. **Gaia**: cura para um planeta doente. São Paulo: Cultrix, 2006. 192 p.
- MANGIN, A.; ANDRIEUX, C. Infiltration et environnement souterrain, le role de l'eau sur les paramètres climatiques. **Actes des Journées Félix Trombe**, Moulis, p.79-95, 1988.
- MANGIN, A.; BOURGES, F.; D'HULST, D. La conservation des grottes ornées: un problème de stabilité d'un système naturel (l'exemple de la grotte préhistorique de Gargas, Pyrénées françaises). **Earth and Planetary Sciences**, London, p.295-301, 1999.
- MATOS, F.A. A gruta da Tapagem ("Caverna do Diabo"). **Revista da Escola de Minas**, Ouro Preto, v.24, n.3, p.1-8, 1966.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206p.
- MERTZ, O.; HALSNÆS, K.; OLESEN, J.E.; RASMUSSEN, K. Adaptation to climate change in developing countries. **Environmental Management**, v.43, p.743-752, 2009.
- MILKO, P. Medidas físicas e químicas – expedição Goiás 79. **Espeleo-Tema**, São Paulo, v.14, p.116-122, 1984.
- MOREIRA, J.R. de A.; TRAJANO, E. Estudo do topoclima de cavernas da província espeleológica arenítica Altamita-Itaituba, Pará. **Espeleo-Tema**, São Paulo, v.16, p.75-82, 1992.
- PAVIA, F. Influencia de la geomorfologia karstica em las características climáticas de las grutas y abrigos. In: CONGRESSO NACIONAL DE ESPELEOLOGIA, 10, 1975, Ouro Preto. **Anais do X...** Ouro Preto: SBE/SEE, 1975. p.227-245.
- PFLITSCH, A.; PIASECKI, J. Detection of an airflow system in Niedzwiedzia (Bear) cave, Kletno, Poland. **Journal of Cave and Karst Studies**, v.65, n.3, p.160-173, 2003.
- RABELO, L.; ROCHA, L.F.S.; ZILLI, L.A. Monitoramento climático do ambiente cavernícola para determinação da capacidade de visitação – estudo de caso: gruta de Botuverá-SC. In: WORKSHOP MANEJO DE CAVERNAS, 1, São Paulo. **Palestra**. São Paulo: Redespeleo, 2003. Disponível em: [http://www.redespeleo.org/eventos/manejo/apre/Monitoramento\\_Botuvera\\_Luis\\_Rocha.pdf](http://www.redespeleo.org/eventos/manejo/apre/Monitoramento_Botuvera_Luis_Rocha.pdf). Acesso em: 12 jan. 2010.
- ROCHA, B.N.; LONGHITANO, G.A.; ÂNGELO FURLAN, S. Levantamento climático-faunístico preliminar da gruta Colorida do Parque Estadual de Intervalos, SP. In: RASTEIRO, M.A.; SILVA, L.A. da.; LEVY, M. de O.P.; LUCON, T.N.; RENÓ, R. (Eds). CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 29, Ouro Preto. **Anais**. Ouro Preto: SBE/SEE, 2007. p.243-246.
- SÁNCHEZ-MORAL, S.; SOLER, V.; CAÑAVÉRAS, J.C.; SANZ-RUBIO, E.; VAN GRIEKEN, R.; GYSELS, K. Inorganic deterioration affecting Altamira cave, N Spain: quantitative approach to wall-corrosion (solutional etching) processes induced by visitors. **The Science of the Total Environment**, v.243/244, p.67-84, 1999.
- SCALEANTE, J.A.B. **Avaliação do impacto de atividades turísticas em cavernas**. 2003. 82. p. Dissertação (Mestrado em Geociências), Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas.
- SGARBI, M.C. **Metodologia de manejo em cavernas para minimização de impactos ambientais decorrentes de atividade antrópica – Estudo de caso gruta do Chapéu e caverna Santana, Parque Estadual do Alto Ribeira/SP**. 2003. 47 p. Relatório de Iniciação Científica (Graduação em Ciências Biológicas), Universidade de Mogi das Cruzes. Mogi das Cruzes.
- SILVA, L.A. da. Relatório de excursão – Januária, MG. In: CONGRESSO NACIONAL DE ESPELEOLOGIA, 10,

- 1975, Ouro Preto. **Anais do X...** Ouro Preto: SBE/SEE, 1975. p. 23-40.
- SILVA, O.J. da. **Monitoramento da temperatura e umidade e definição de capacidade de carga turística das grutas do Lago Azul e Nossa Senhora Aparecida (Bonito - MS)**. 2003. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais), Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande.
- SLAVEC, P. Pesquisas do conjunto hidrológico das Areias, município de Iporanga, Estado de São Paulo. **Espeleo-Tema**, São Paulo, v.8, p.16-22, 1976a.
- SLAVEC, P. Abismo de Furnas. **Espeleo-Tema**, São Paulo, v.10, p.19-24, 1976b.
- SONDAG, F.; RUYMBEKE, M.V.; SOUBIÈS, F.; SANTOS, R.; SOMERHAUSEN, A.; SEIDEL, A.; BOGGIANI, P. Monitoring present day climatic conditions in tropical caves using an Environmental Data Acquisition System (EDAS). **Journal of Hydrology**, v.273, p.103-118, 2003.
- STOEVA, P.; STOEVA, A. Cave air temperature response to climate and solar and geomagnetic activity. **Memorie Della Società Astronomica Italiana**, v.76, p.1042-1047, 2005.
- TEMPERINI, M.T. O ambiente das grutas. **Espeleo-Tema**, São Paulo, v.8, p.5-7, 1976.
- TRAJANO, E.; BICHUETTE, M.E. **Biologia subterrânea**: introdução. São Paulo: Redespeleo, 2006. 92 p.
- TRAVASSOS, L.E.P. **A importância cultural do carste e das cavernas**. 2010. 372 p. Tese (Doutorado em Geografia), Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- UFMS – UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL. **Estudo de impacto ambiental da visitação turística do Monumento Natural Gruta do Lago Azul – Bonito, MS**. Campo Grande: UFMS, 2002. 153 p.
- VIANA JÚNIOR, O. **Hidroquímica, hidrologia e geoquímica isotópica (O e H) da fácies de percolação vadosa autogênica, caverna Santana, Município de Iporanga, Estado de São Paulo**. 2002. 113 p. Dissertação (Mestrado em Geoquímica). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- VERÍSSIMO, C.U.V.; SOUZA, A.E.B.A.; RICARDO, J.M.; BARCELOS, A.C.; NOGUEIRA NETO, J.A.; REIS, M.G. Microclima e espeleoturismo na gruta de Ubajara, CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 27, Januária. **Anais**. Januária: SBE, 2003. p.1-9.
- VERÍSSIMO, C.U.V.; RICARDO, J.M.; BARCELOS, A.C.; NOGUEIRA NETO, J.A.; SILVA FILHO, W.F.; NACIMENTO JÚNIOR, J.V.; PAIVA, A.O. Espeleoturismo e microclima da gruta de Ubajara, CE. **Estudos Geológicos**, Recife, v.15, p.244-253, 2005.
- WATSON, A.J.; LOVELOCK, J.E. Biological homeostasis of the global environment: the parable of Daisyworld. **Tellus**, v.35B, p.284-289, 1983.
- WILLIAMS, G.C. Gaia, nature worship and biocentric fallacies. **The Quarterly Review of Biology**, v.67, n.4, p.479-486, 1992.
- ZELINKA, J. Microclimatic research in the Slovakian show caves. **Acta Carsologica**, Ljubljana, v.31, n.1, p.151-163, 2002.



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

[www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp](http://www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp)