

ILUMINAÇÃO COM CARBURETEIRAS E IMPACTOS AMBIENTAIS NO MICROCLIMA DE CAVERNAS: ESTUDO DE CASO DA LAPA DO PENHASCO, BURITINÓPOLIS-GO

Heros Augusto Santos LOBO¹

Silmara ZAGO²

Resumo

No Brasil, a visitação e pesquisa em cavernas são habitualmente realizadas com o uso de carbureteiras, iluminação a base de fogo que gera, além da luz, o calor. Este pode ter sua dispersão dificultada pelo confinamento espacial do ambiente cavernícola. Tal fato se verificou em um estudo na lapa do Penhasco (Buritinópolis, Goiás), cujo objetivo foi identificar a magnitude dos impactos causados na temperatura ambiente e umidade relativa do ar. Os dados coletados com o uso de termohigrômetros foram analisados por meio de procedimentos estatísticos, gráficos e mapas de episódios temporais da temperatura ambiente. Os resultados obtidos permitiram concluir que o uso de carbureteiras causou impactos ambientais significativos nos parâmetros monitorados, tanto pela variabilidade atingida quanto pelo tempo necessário para sua estabilização.

Palavras-chave: Carste. Impactos Ambientais. Manejo Espeleológico. Microclima. Monitoramento de Cavernas.

Abstract

Carbide-based illumination and environmental impacts on cave microclimate: case study of Lapa do Penhasco, Buritinópolis-GO, (Central-Western Brazil)

In Brazil, the cave visitation and research is normally realized with carbide-based illumination, which produces light establishes by fire, and generate heat. Considering the space restrictions of cave environments, the increase of the heat can not dissipate easily. This fact was verified in a study made at lapa do Penhasco (Buritinópolis district, Goiás state), which the objective was to identify the wideness of impacts caused on the air temperature and relative humidity. We used automatic stations to make the microclimatic monitoring. The results were analyzed with statistics methods, graphics and maps of temporal episodes of the air temperature. This achievement allowed to conclude that the use of carbide-based illumination causes significative environmental impacts on the parameters monitored, since from their variability, until the time necessary for its stabilization.

Key words: Karst. Environmental Impacts. Cave Management. Microclimate. Cave Monitoring.

¹ UNESP – Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente. Av. 24-A, 1515 – CEP 13506-900 – Rio Claro, SP. E-mail: heroslobo@hotmail.com

² UPE – União Paulista de Espeleologia. Rua Guarino Vanucci, 15 – CEP 13.348-864. Indaiatuba, SP. E-mail: silmara_zago@ig.com.br

INTRODUÇÃO

A visitação de cavernas é feita com as mais diversas finalidades, que vão desde o turismo – o qual é realizado por motivações como a aventura, a contemplação, a religião e o estudo do meio (FIGUEIREDO, 1998; MARRA, 2001) –, passando pela exploração espeleológica de prospecção e mapeamento e até mesmo a pesquisa científica, entre outras.

As cavernas são casos especiais de manejo ambiental; o confinamento espacial dificulta a dispersão da maioria dos impactos ambientais gerados pela presença humana (LOBO, 2006), o que se agrava quando a circulação de energia no ambiente é reduzida por fatores como a ausência de cursos d'água (HEATON, 1986) e baixa circulação de ar (FREITAS; SCHMECKAL, 2006).

Algumas cavernas são adaptadas para o uso público, com a instalação de estruturas de acesso e iluminação artificial fixa, como a caverna do Diabo, em Eldorado, SP e a gruta Rei do Mato, em Cordisburgo, MG, por exemplo. Nos demais casos, os visitantes, estejam a passeio ou a trabalho, precisam carregar consigo uma fonte de luz, sendo as carbureteiras o tipo de iluminação mais comum. Trata-se de uma iluminação artificial que funciona por meio de uma reação química entre o carbureto de cálcio e a água, gerando como principal produto o gás acetileno. Este é utilizado para produzir luz à base de fogo, em bicos acoplados aos capacetes dos espeleólogos, pesquisadores e visitantes. As carbureteiras são amplamente utilizadas no Brasil por fatores como o baixo custo do combustível, relativa facilidade de manutenção, alta eficiência na luminosidade e durabilidade da carga utilizada dentro do reator.

A despeito destes benefícios, a pesquisa que deu origem a este artigo se baseou nos estudos de Cigna; Burri (2001), que mencionam o calor como uma das principais fontes de impactos antrópicos ao ambiente cavernícola; e os de Scaleante (2001, 2003), que levantaram indícios de impactos e danos ambientais causados pelo uso de carbureteiras na caverna de Santana, localizada no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – PETAR. Desta forma, o objetivo da pesquisa realizada foi verificar a magnitude das alterações causadas pelo uso de carbureteiras em dois atributos microclimáticos da atmosfera cavernícola: temperatura ambiente e umidade relativa do ar.

A pesquisa foi conduzida na lapa do Penhasco (Figuras 1 e 2), município de Buritinópolis, Goiás. A cavidade possui duas entradas conhecidas, respectivamente, sumidouro e ressurgência do córrego Serragem – conhecido localmente como córrego das Dores –, um dos afluentes do rio Vermelho (CHAVES et al., 2006). Em seu entorno, principalmente na ressurgência, ainda existe mata ciliar preservada, embora o desmatamento para pastoreio sobre a área de influência da cavidade seja visível (Figura 2-A). A lapa do Penhasco recebe visitas esporádicas, de espeleólogos, moradores da região e pequenos grupos de turistas, em sua maioria com o uso de carbureteiras.

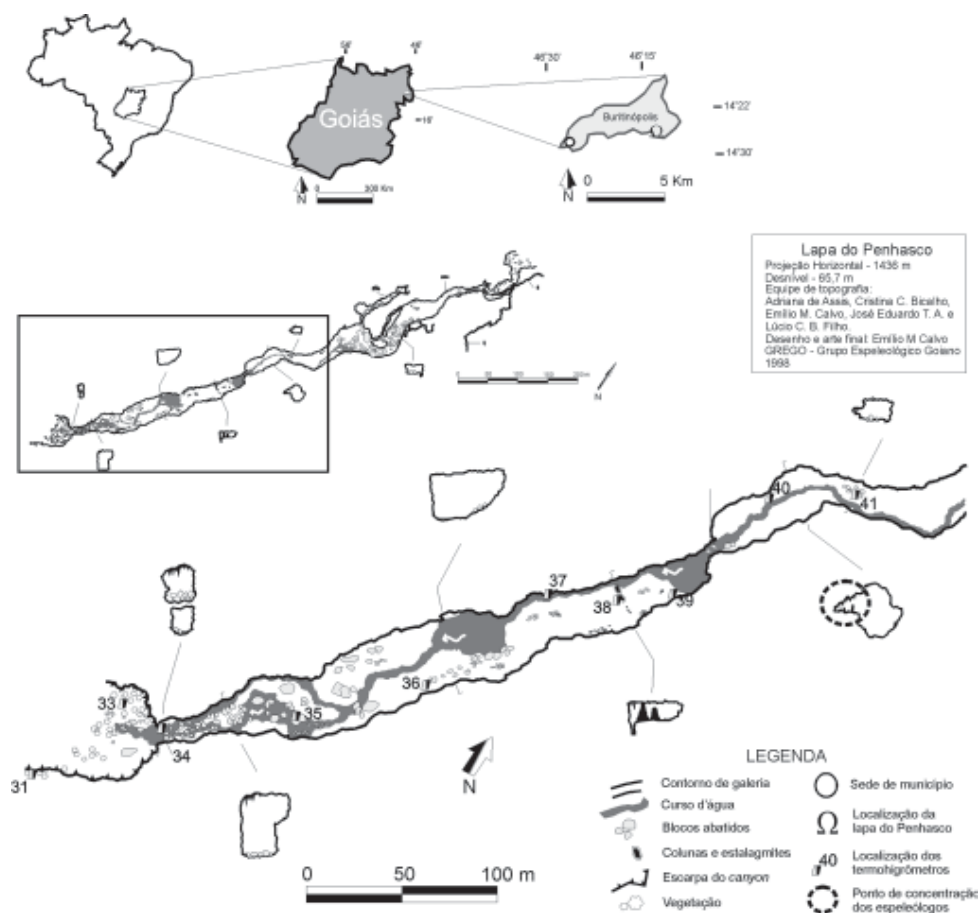


Figura 1 – Localização, planta baixa e cortes transversais da lapa do Penhasco - Buritinópolis, GO. A cavidade é composta, predominantemente, por amplos salões de abatimento rochoso; em seu interior passa o córrego Serragem. A figura também ilustra os pontos de instalação dos termohigrômetros (estações numeradas) e o local onde os espeleólogos permaneceram com as carbureteiras ligadas (círculo pontilhado em um dos cortes transversais, bem como na figura 2-F). O ponto 40 de monitoramento pode ser mais bem visto na figura 2-E. Mapa adaptado de Assis et al. (1998) e Chaves et al. (2006).

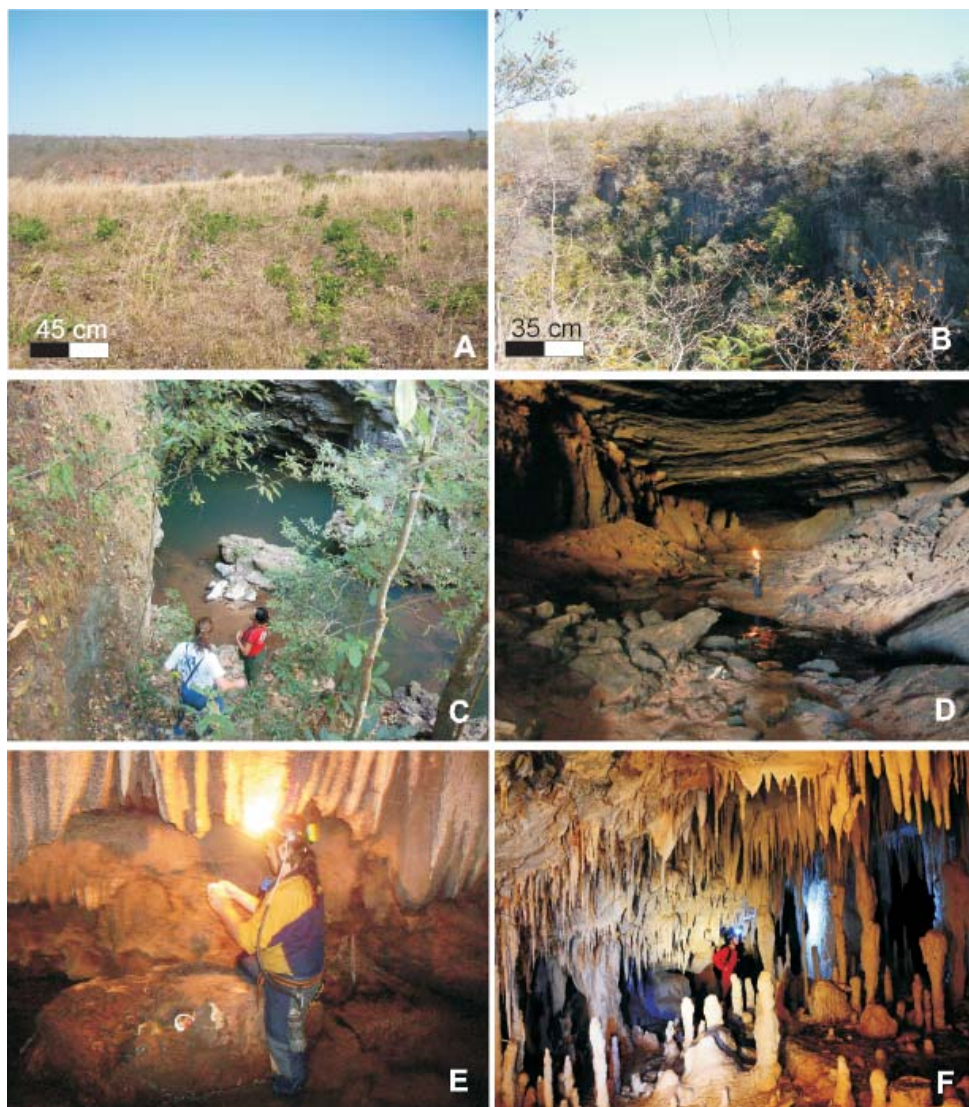


Figura 2: A – Vista externa geral do topo do *canyon* que abriga a lapa do Penhasco, demonstrando um misto de mata nativa em regeneração e áreas desmatadas para o pastoreio do gado; B – Vista geral do *canyon* que abriga a cavidade; C – Ressurgência do córrego Serragem, local de entrada na cavidade; D – Vista geral de seu principal salão interior, demonstrando suas grandes dimensões; E – Instalação de termohigrômetro no ponto localizado na galeria do rio, no trecho próximo a um salão ornamentado (F), no qual os espeleólogos permaneceram para a realização do experimento. Fotos dos autores, exceto: F – Ricardo de S. Martinelli.

MATERIAIS E MÉTODOS

O monitoramento dos atributos microclimáticos (temperatura ambiente – T – e umidade relativa do ar – UR) que serviu de base para o presente estudo foi realizado com termohigrômetros dotados de registradores de dados. Sua precisão de aferição é de 0,5° C para T e de 3% para a UR.

A rede de monitoramento montada na lapa do Penhasco contou com dez pontos de coleta de dados (Figura 1). Os equipamentos instalados fora da cavidade (31 e 33) visavam à identificação da sazonalidade climática local e do microclima transicional entre o ambiente externo e o interno. Os demais tinham por objetivo demonstrar o gradiente de interação entre meio externo e interno e os impactos do uso das carbureteiras. Estes foram distribuídos em sua maioria (34 a 39, totalizando seis sensores) na área visitável da cavidade, que se estende até um lago em seu interior. Dois sensores (40 e 41) foram instalados em uma área após o lago, onde não são feitas visitas regulares.

O período de coleta foi das 15h30m do dia 27.07.2008 às 9h00m do dia 31.07.2008, totalizando 89,5 horas de monitoramento ininterrupto. Como o objetivo principal da pesquisa estava centrado na identificação de possíveis interferências pelo uso das carbureteiras, estabeleceu-se um intervalo de coleta de 30 min., para captar com maior riqueza de detalhes as variações dos parâmetros estudados, o que vai ao encontro dos padrões de monitoramento climáticos de cavernas compilados por Cigna (2002).

No dia 29.07.2008 foi conduzido um experimento com a participação de quatro espeleólogos, dos quais três portavam carbureteiras e o quarto, iluminação elétrica tipo *headlamp*. Os voluntários entraram na cavidade por volta das 16h00m, adotando um comportamento de caminhada semelhante a grupos de turismo, com pequenas paradas para fotos no caminho. Às 17h00m o grupo chegou até um salão superior da cavidade, localizado próximo ao ponto 40 (Figuras 1 e 2-F), à quase dez metros de altura do nível de base do córrego Serragem. Neste local a equipe permaneceu 90 min. (até as 18h30m), de forma a simular atividades de pesquisa, exploração e documentação espeleológica. Em atividades de topografia de cavernas, é comum um grupo de três a quatro espeleólogos ficar muito tempo parado em um mesmo local, face à inerente dificuldade de realização da atividade. Como exemplo, atividades recentes de exploração e topografia de cavernas realizadas por espeleólogos da União Paulista de Espeleologia – UPE –, na própria região de Buritinópolis e em outras localidades do Brasil, têm resultado em jornadas de mais de onze horas diárias de trabalho. Durante todo este tempo, as carbureteiras permanecem ligadas. A saída do grupo de dentro da caverna foi às 19h00m.

Os dados resultantes do monitoramento foram analisados por meio de procedimentos analítico-descritivos e estatísticos. Na primeira etapa, foi feita a estatística descritiva dos dados, com a identificação das mínimas, médias, máximas e amplitudes. Os valores obtidos foram analisados em conjunto com gráficos de linhas, de forma a identificar os impactos no microclima.

Além disso, diversos mapas de episódios temporais térmicos foram confeccionados no aplicativo *surfer*. Primeiramente, optou-se por utilizar a triangulação linear como algoritmo de interpolação, a qual segue o disposto na equação 1:

$$Z^* = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z_i \quad (1)$$

Onde o valor de um ponto a ser predito (Z^*) corresponde à somatória dos produtos entre os valores obtidos das variáveis em pontos conhecidos (Z_i) e os respectivos pesos calculados (λ_i) para cada ponto i , variando de 1 até N (LANDIM et al., 2002).

As vantagens no uso da triangulação linear são a fidelidade e a eficiência para uma visualização rápida dos dados. Além disso, ela é recomendada por Landim (2000) quando os valores estimados são necessários apenas dentro da área amostrada e quando existe grande variação nos dados analisados.

Posteriormente, foram elaborados mapas de superfície de tendências para alguns episódios selecionados, possibilitando a comparação destes dois procedimentos de análise geoestatística face aos objetivos propostos. Considerando a irregularidade da distribuição dos pontos de coleta, foi construído um reticulado (*grid*) para a modelagem da superfície de tendências, o que permite tanto a interpolação quanto a extrapolação dos dados. O reticulado foi processado no *surfer* por regressão polinomial com uma superfície cúbica, sendo este o ajuste de grau mais elevado atingido (cf. recomendam LANDIM; CORSI, 2001) em função da baixa densidade amostral.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em um primeiro momento, os dados foram analisados por meio da estatística descritiva, obtendo-se assim a média, moda, mediana, máxima, mínima, amplitude e desvio padrão de cada série coletada. Os resultados são apresentados na figura 3.

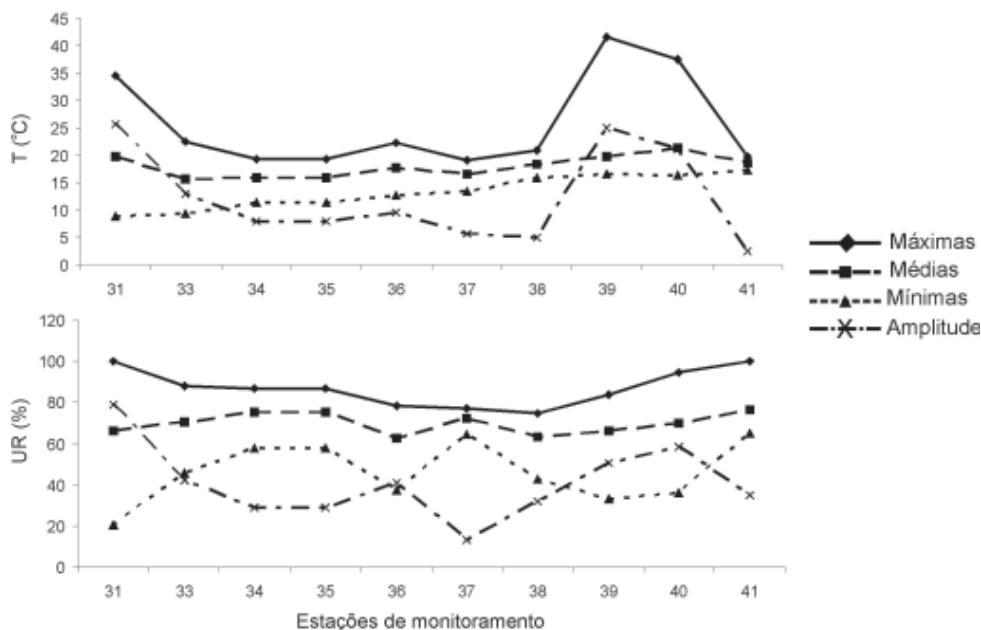


Figura 3 – Variações de T e UR por estação. Evidencia-se a anomalia registrada para a T nos pontos 39 e 40 para as máximas, médias e amplitude, destoando dos pontos imediatamente anterior (38) e posterior (41). Para a UR, comportamento semelhante nos mesmos pontos se revela nas mínimas e amplitude.

As medidas obtidas nas estações externas foram confrontadas com o monitoramento climático do estado de Goiás, realizado pelo Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás – SIMEHGO. Para a região de Buritinópolis, os dados do SIMEHGO (2008) apresentam temperaturas mínimas diárias de 12°C, média de 20°C, máximas de 32°C e umidade relativa média de 65%. Os valores das médias são muito próximos dos dados aferidos na estação externa (31), ao contrário das máximas e mínimas, que no estudo realizado, atingiram valores mais extremos (8,9°C para a mínima, 34,6°C para a máxima). Estas diferenças se atribuem à precisão do equipamento utilizado, bem como a ausência de estações meteorológicas do SIMEHGO próximas à área estudada. Além disso, cabe ressaltar que mesmo os resultados das estações externas são caracterizados como microclima, que corresponde à camada de ar próxima ao solo (GEIGER, 1961), de forma que, necessariamente, não precisam ser idênticos ao clima regional.

Por outro lado, a figura 3 demonstra a existência de discrepâncias no comportamento das variáveis mensuradas, dentro dos padrões esperados para o microclima de cavernas. Em ambientes confinados e com redução nas trocas gasosas entre os meios interno e externo, é de se esperar uma maior estabilidade nos valores de T e UR à medida que se avança ao interior da cavidade – da estação 31 para a 41, no caso em questão. Este padrão pode ser observado em diversos estudos microclimáticos ao redor do mundo, como Hoyos et al. (1998), Buecher (1999), Cigna (2001), Veríssimo et al. (2003) e Boggiani et al. (2007), entre outros.

Aprofundando nesta questão e buscando esmiuçar ainda mais a relação de causa e efeito pesquisada, fez-se nova análise descritiva dos dados, considerando apenas o período de tempo anterior à visitação. Tais resultados são apresentados na figura 4.

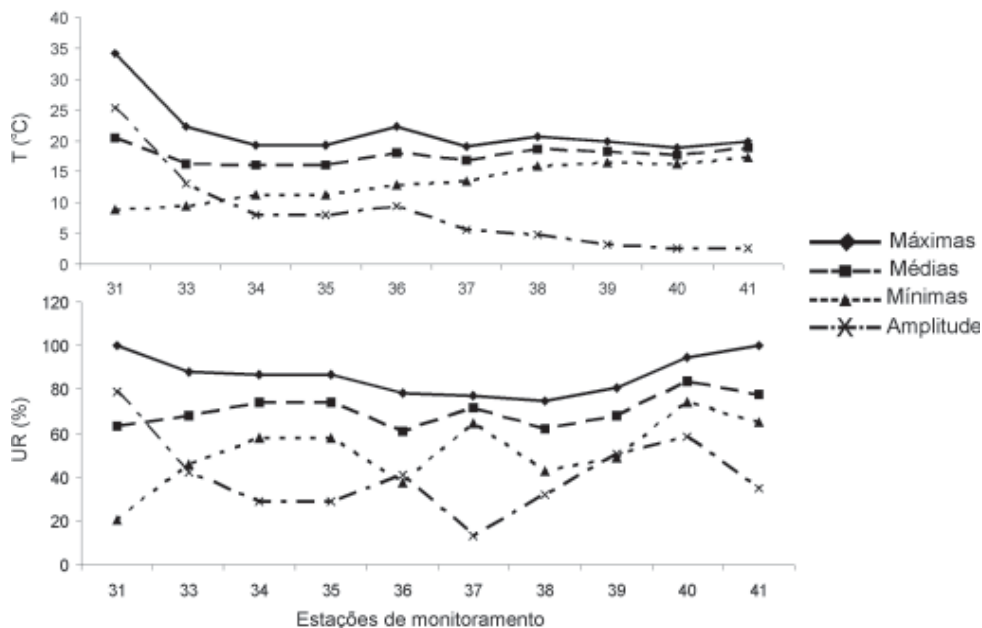


Figura 4 – Variações de T e UR por estação de monitoramento no período de tempo anterior a simulação de visitação. Note-se uma diminuição da variabilidade nos dados de T e UR.

Os gráficos da figura 4 demonstram um comportamento distinto em relação à figura 3 nos pontos 39 e 40. Percebe-se uma menor variabilidade total para a T nas máximas, médias e amplitude, enquanto que na UR aumentaram as mínimas e diminuiu a amplitude. Com isso, a amplitude térmica apresenta um gradiente mais próximo do esperado, com valores maiores na área externa e menores à medida que se aprofunda na cavidade. Desta forma, o comportamento atmosférico da caverna torna-se muito semelhante quanto ao gradiente térmico àquele observado em outros estudos, como os de Veríssimo et al. (2003) para a gruta de Ubajara, Ceará, de Boggiani et al. (2007) para as grutas Lago Azul e Nossa Senhora Aparecida, Mato Grosso do Sul e de Lobo et al. (2008) para a gruta do Morro Preto, São Paulo.

Além disto, é digno de nota o aumento nas máximas dos pontos 39 e 40, com uma variação (ΔT) de, respectivamente, 18,5° C e 21,8° C. Esta é muito superior àquela identificada na caverna de Santana, conforme dados de Scaleante (2003): 4,54° C, considerando a presença de sete pessoas portando carbureteiras por um tempo de dez minutos. Atribui-se a considerável diferença de variações aos seguintes aspectos:

1. Muito embora tenham sido realizadas em épocas semelhantes do ano – julho de 2002 para Scaleante (2003) e julho de 2008 para o presente estudo –, a UR da caverna de Santana esteve constante em 100% durante todo o experimento, ao passo que na lapa do Penhasco a UR atingiu este valor somente na estação 41. Isto evidencia as diferenças do clima seco da região de Buritinópolis e mais úmido, mesmo na estação seca, no Vale do Ribeira (caverna de Santana), o que possui relações com a latitude de ambas e o tipo de cobertura vegetal predominante – savanas para Buritinópolis/lapa do Sumidouro, floresta ombrófila densa para o Vale do Ribeira/caverna de Santana (cf. ROCHA; COSTA, 1998);
2. O tempo de permanência na caverna foi aproximadamente nove vezes maior do que o experimento de Scaleante (2003).

Para a UR, os valores pré-experimento para os pontos 39 e 40 demonstram certa estabilidade hídrica no ambiente de caverna, principalmente nas áreas mais profundas, o que é compatível e esperado para uma cavidade com rio ativo em seu interior.

Feita uma primeira confirmação da alteração no microclima em função do uso das carbureteiras, procedeu-se a elaboração de gráficos de linhas de pontos específicos da cavidade, no intuito de melhor visualizar os impactos constatados. Para tanto, foram selecionados os pontos 31, 33, 38, 39, 40 e 41 (Figura 5).

A figura 5 consolida as análises anteriores e evidencia o impacto das carbureteiras na T e UR. A primeira interferência captada pelos sensores se deu na estação 40, à 1h30m do dia 30/07/2008, aproximadamente sete horas após o término do experimento. Esta mesma massa de ar aquecido foi constatada no sensor 39, à 1h00m do dia 31/07/2008 – aproximadamente 24 horas depois. A visualização da movimentação deste fluxo térmico também é facilitada pela figura 6. Nela são apresentados nove episódios temporais da temperatura na lapa do Penhasco, tanto para momentos anteriores quanto posteriores a visita.

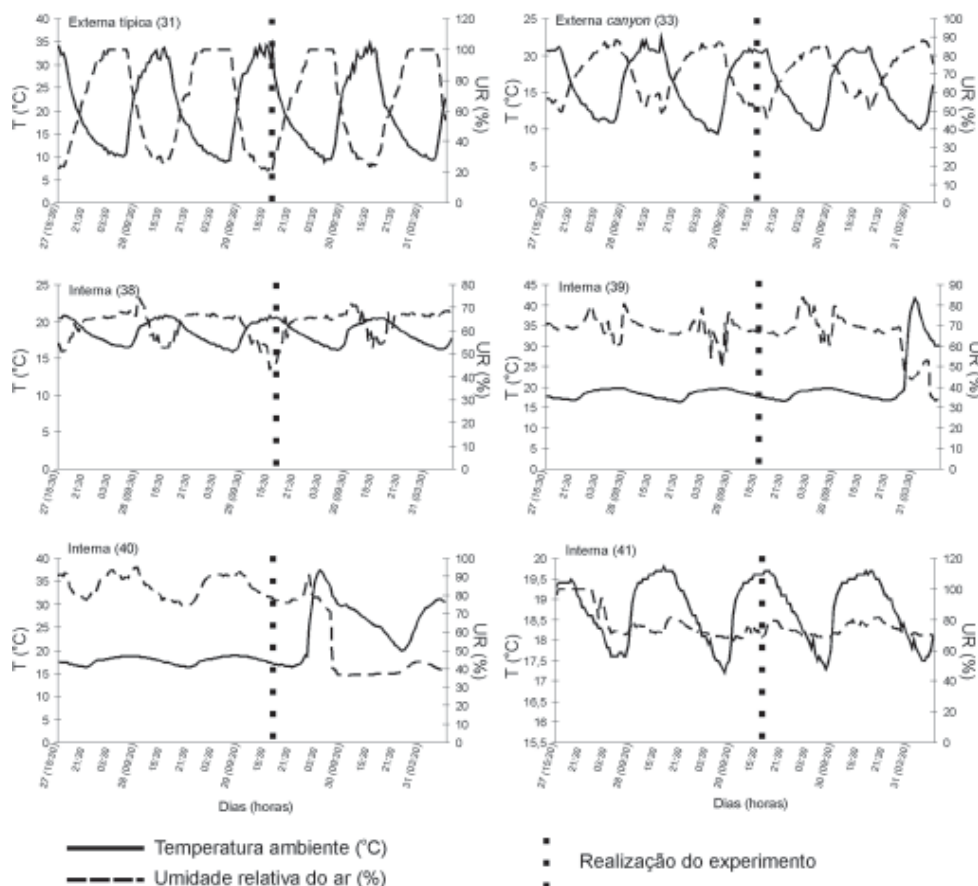


Figura 5 – Gráfico da variação na T e UR dos pontos 31, 33, 38, 39, 40 e 41. Note-se a grande interferência causada na estação 40 poucas horas após o experimento, alterando seus padrões de variabilidade. A mesma massa de ar aquecido foi detectada no dia seguinte, na estação 39. A estação 41, limítrofe à estação 40, não recebeu nenhuma interferência do experimento. Horário de Brasília-DF.

Embora os perfis apresentados na figura 6 sejam visualmente semelhantes para o mesmo horário em diferentes dias, percebe-se pela alteração na escala térmica – principalmente nos perfis da madrugada – a existência de uma grande interferência no mecanismo natural de regulação térmica do ambiente – o que por sua vez, interfere também na regulação hídrica do ar. Estas alterações evidenciam a movimentação do ar quente em direção a um dos acessos da cavidade, seguindo a orientação do fluxo de água, que vai do sumidouro para a ressurgência.

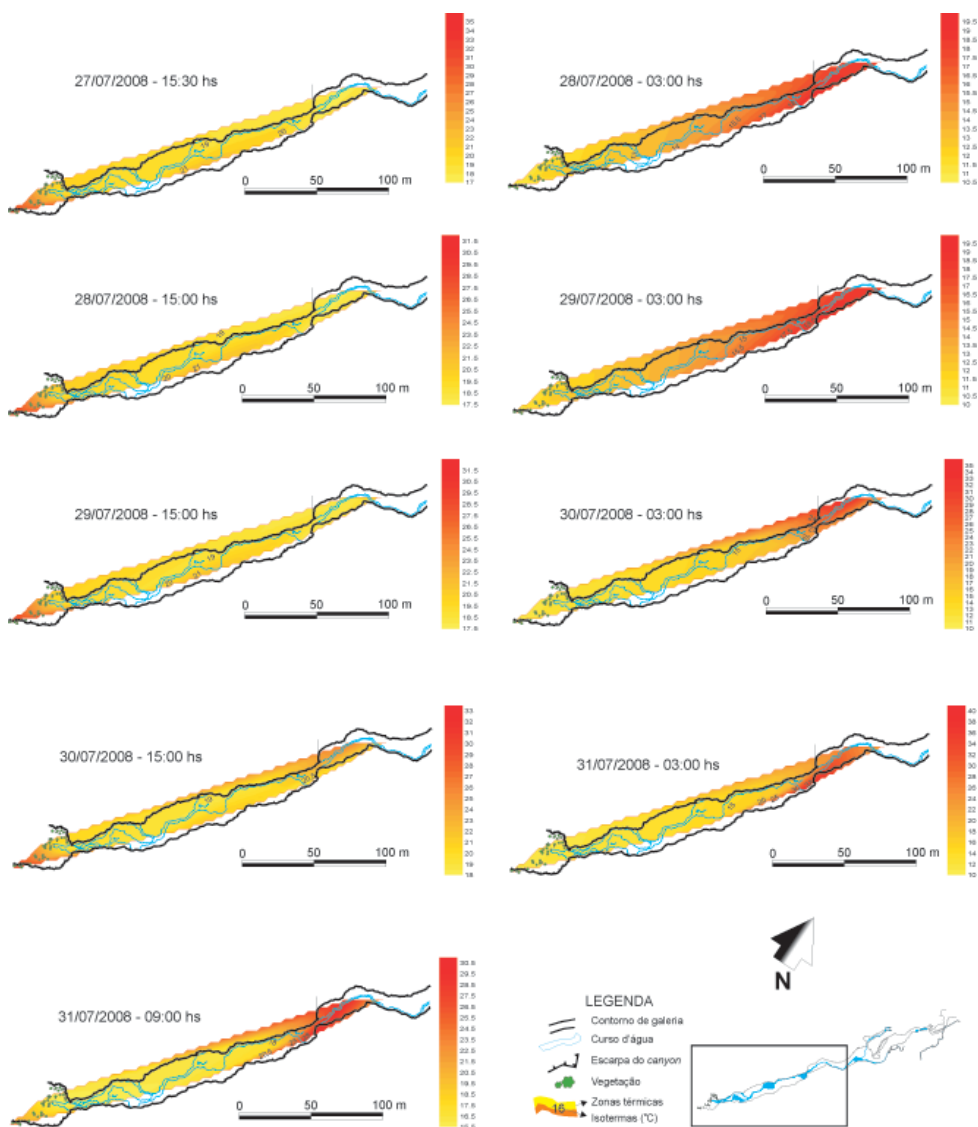


Figura 6 – Mapas de isothermas interpolados por triangulação linear, em planta. Os impactos ficam evidentes por meio da ampliação na amplitude e nas máximas das escalas térmicas a partir do episódio 30/07/08 – 03h00m. Horário de Brasília-DF. Mapa base: Assis et al. (1998).

Também foram selecionados três episódios para a aplicação de outro algoritmo de interpolação de dados, a regressão polinomial. Por meio dela, foram confeccionadas superfícies cúbicas (3ª ordem) de tendência, apresentadas na figura 7.

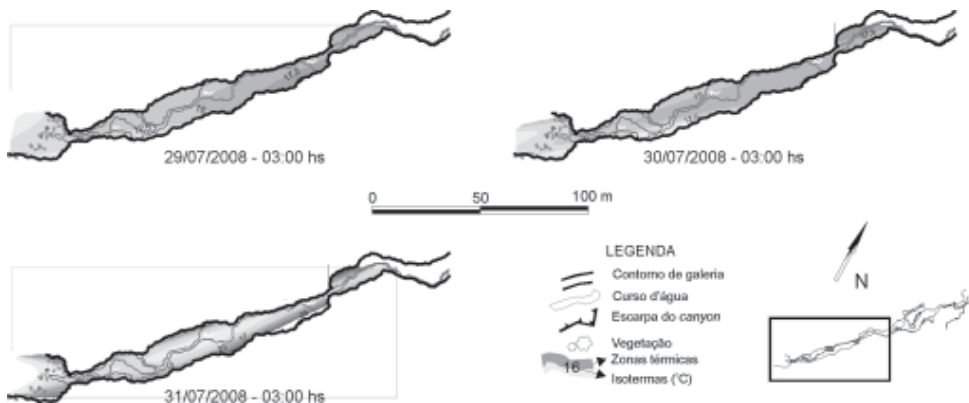


Figura 7 – Planta baixa com superfícies cúbicas de tendência por regressão polinomial para a T em três episódios na lapa do Penhasco. Horário de Brasília-DF. Mapa base: Assis et al. (1998).

A regressão polinomial não se atém a interpolar os dados, mas também os extrapola, indo além dos pontos cotados. Landim (2003) alerta quanto a esta característica, principalmente quando da baixa densidade amostral. Desta forma, os resultados apresentados na figura 7 devem ser observados com a devida cautela, ou seja, como uma possibilidade a mais de melhor visualização da alteração nas superfícies de tendência para as isotermas no caso estudado.

CONCLUSÕES

O experimento realizado permitiu concluir que o uso de carbureteiras para a iluminação em cavernas causa significativos impactos nos atributos microclimáticos mensurados. Isto foi observado em dois pontos monitorados, as estações 40 e 39, localizadas, respectivamente, a aproximadamente 360 m e 280 m de distância em relação à ressurgência do córrego Serragem, pórtico mais próximo da cavidade. Esta constatação é ainda mais relevante se consideradas as dimensões da cavidade pesquisada, com a altura do teto variando entre 80 m e 30 m e a largura dos salões chegando a 50 m em alguns trechos.

A estação 40 apresentou um ΔT de +18,5° C (97,8% em relação à máxima) e um ΔUR de -37,8% (103,8% em relação à mínima). Na estação 39 o ΔT foi de +21,8° C (110,1% em relação à máxima) e -15,9% (47,8% em relação à mínima) de ΔUR . Além disto, desde o primeiro momento em que o impacto foi registrado – 1h30m do dia 30/07/2008, no sensor 40 – a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar não mais se estabilizaram por completo até o final do período de monitoramento. Isto corresponde a um intervalo de tempo mínimo de 31,5 horas (1.890 min.) no ponto 40 e de 7,5 horas (450 min.) no ponto 39. O intervalo de tempo que a massa de ar quente gerada pelas carbureteiras levou para se mover dentro da caverna foi de aproximadamente 7 horas (420 min.) entre o salão superior onde o experimento foi realizado e o ponto 40 e de 24 horas (1.440 min) entre este e o ponto 39.

Conclui-se também que estas alterações correspondem a impactos ambientais, não se tratando da dinâmica natural do ambiente em questão, dado que:

1. As variações não podem ter sido originadas em áreas mais adentro da caverna, o que se afirma pelo comportamento dos dados da estação 41;
2. As variações não podem ter se originado pelas trocas atmosféricas com o meio exterior, o que se afirma pelo comportamento das estações 34 a 38;
3. As variações não se originaram por meio de outro acesso com o meio externo, pois só existem dois acessos em ambiente vadoso para esta cavidade, ambos em suas extremidades;
4. As variações não se originaram em função da água, que não é oriunda de fonte termal. Além disso, se esta variável estivesse relacionada ao aumento da temperatura traria como conseqüências prováveis o aumento da umidade relativa do ar – sendo que esta, de fato, diminuiu – e uma elevação mais homogênea da temperatura ambiente.

Por outro lado, o simples fato de se constatar um impacto ambiental – em sua acepção mais direta de compreensão, ou seja, uma alteração em um determinado parâmetro ambiental – não indica uma base segura para a formulação de políticas restritivas de uso de carbureteiras para a visitação de cavernas. Estudos mais aprofundados sobre o tema devem buscar respostas para questões como: qual a conseqüência da alteração na temperatura ambiente de uma caverna? Qual a amplitude térmica anual desta caverna? Qual o tempo de recuperação da dinâmica atmosférica subterrânea após um impacto ambiental? Sem a resposta para estas – e muitas outras dúvidas que podem surgir – qualquer ação de proibição será demasiadamente precipitada.

Quanto aos procedimentos de coleta de dados, o monitoramento em escala de detalhe com 30 minutos de intervalo entre cada aferição se mostrou suficiente para demonstrar a variabilidade da temperatura ambiente e da umidade relativa do ar em relação aos impactos ocorridos. O intervalo é maior do que o realizado por Scaleante (2003) e Lobo et al. (2008), mas dada à magnitude das alterações sofridas nos parâmetros estudados, não apresentou perda de detalhe nos resultados.

Outro aspecto relevante é a confirmação da importância do uso de pelo menos dois pontos de aferição externos, de forma a possibilitar uma melhor compreensão da dinâmica atmosférica entre o clima local, os microclimas transicionais – no caso, de fundo de *canyon* – e o microclima da cavidade natural. O uso de diversos pontos de monitoramento também foi fundamental para a qualidade dos resultados obtidos. A rede de coleta montada, apesar de ser considerada de baixa densidade para alguns procedimentos estatísticos de interpolação de dados, possuía um sensor a cada 45 m em média, distância suficiente para as condições ambientais observadas e para as finalidades deste estudo.

As análises estatísticas descritivas realizadas nos dois períodos amostrados – série completa e pré-evento – em conjunto com os gráficos de linha e os mapas de interpolação de isotermas foram suficientes para a identificação dos impactos ambientais ocorridos. Neste sentido, a triangulação linear e a regressão polinomial se mostraram como algoritmos funcionais para a visualização dos impactos ambientais no microclima, mesmo com as limitações amostrais para cada episódio temporal analisado. A visualização das zonas térmicas impactadas em mapa foi mais eficiente por meio da regressão polinomial. Entretanto, devido à baixa densidade amostral utilizada, recomenda-se o uso da triangulação linear como algoritmo de interpolação para finalidades mais abrangentes, como um possível zoneamento ambiental ou mesmo a compreensão da dinâmica microclimática da cavidade.

AGRADECIMENTOS

Aos espeleólogos do Grupo de Espeleologia Goiano (GREGO), da União Paulista de Espeleologia (UPE) e do Grupo de Espeleologia da Geologia da USP (GEGEO/USP) pelo apoio nos trabalhos de campo. Ao prof. Dr. Paulo César Boggiani (IGc/USP) pela intermediação e à Sra. Maria Margareth Escobar Ribas Lima – Superintendente da Regional Mato Grosso do Sul do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) –, pelo empréstimo dos termohigrômetros utilizados nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BOGGIANI, P.C.; SILVA, O.J. da; GESICKI, A.L.D.; GALLATI, E.A.B.; SALLES, L. de 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.
- BUECHER, R.H. Microclimate Study of Kartchner Caverns, Arizona. **Journal of Cave and Karst Studies**, Huntsville, v. 61, n. 2, p. 108-120. 1999.
- CHAVES, A.S.; LEITE, L. dos S.; LIMA, P.K.E. **Diagnóstico do Município de Mambai-GO e Mapeamento da APA das Nascentes do Rio Vermelho Para Planejamento do Turismo Sustentável**. Goiânia, CEFET, 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Turística e em Tecnologia em Geoprocessamento), Centro Federal de Educação Tecnológica. 2006.
- CIGNA, A.A. Results of The Preliminary Monitoring Network of Congo Caves (Outdshoorn, South África). In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SPELEOLOGY, 13, Brasília. **Proceedings**. Brasília: SBE, 2001. p. 192-198.
- CIGNA, A.A. Modern Trend in Cave Monitoring. **Acta Carsologica**, Ljubljana, v. 31, n. 1, p. 35-54. 2002.
- CIGNA, A.A.; BURRI, E. Development, Management and Economy of Show Caves. **International Journal of Speleology**, Bologna, v. 29 n. 01, p. 01-27. 2000.
- FIGUEIREDO, L.A.V. Cavernas Brasileiras e seu Potencial Ecoturístico: Um Panorama Entre a Escuridão e as Luzes. In: V ASCONCELOS, F.P. (org.) **Turismo e Meio Ambiente**. Fortaleza: UECE, 1998. p. 1-22.
- FREITAS, C.R. de; SCHMEKAL, A. Studies of Condensation/Evaporation Processes in the Glowworm Cave, New Zealand. **International Journal of Speleology**, Bologna, v. 35, n. 2, p. 75-81. 2006.
- GEIGER, R. **Manual de Microclimatologia: O Clima da Camada de Ar Junto ao Solo**. Lisboa: Fundação Golbekian, 1961.
- HEATON, T. Caves: A Tremendous Range in Energy Environments on Earth. **National Speleological Society News**, Huntsville, v. 08, n. 44, p. 301-4. 1986.
- HOYOS, M.; SOLER, V.; CAÑAVÉRAS, 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**, v. 33, n. 4, p. 231-242. 1998.
- LANDIM, P.M.B. **Introdução aos Métodos de Estimção Espacial Para Confecção de Mapas**. Rio Claro: UNESP, 2000. 18 p.

LANDIM, P.M.B. **Análise Estatística de Dados Geológicos**. 2 ed. Rio Claro: Edunesp, 2003. 253 p.

LANDIM, P.M.B.; CORSI, A.C. **Cálculo de Superfícies de Tendência, Por Regressão Polinomial, Pelo SURFER**. Rio Claro: UNESP, 2001. 15 p.

LANDIM, P.M.B.; MONTEIRO, R.C.; CORSI, A.C. **Introdução à Confecção de Mapas Pelo Software Surfer**. Rio Claro: UNESP, 2002. 29 p.

LOBO, H.A.S. Caracterização dos Impactos Ambientais Negativos do Espeleoturismo e Suas Possibilidades de Manejo. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM TURISMO DO MERCOSUL, 4, 2006, Caxias do Sul. **Anais**. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 2006. p. 1-15.

LOBO, H.A.S.; PERINOTTO, J.A. de J.; BOGGIANI, P.C.; ZAGO, S.; SCALEANTE, J.A.B. Análise das Modificações nas Concentrações de CO₂ Atmosférico da Gruta do Morro Preto I (PETAR-SP) Durante um Evento Musical. In: WORKSHOP DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS, 1, Curitiba. **Caderno de Conferências e Resumos**. Curitiba: Redespeleo/Geep Açungui, 2008. p. 25-29.

MARRA, R.J.C. **Espeleo Turismo: Planejamento e Manejo de Cavernas**. Brasília: WD Ambiental, 2001. 224 p.

ROCHA, A.A.; COSTA, J.P. de O. (Coords.) **A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e sua Aplicação no Estado de São Paulo**. São Paulo: Terra Virgem/Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 1998. 263 p.

SCALEANTE, J.A.B. Estudo de Impacto em Cavernas com Interesse Turístico com Uso de Carbureto para Iluminação. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SPELEOLOGY, 13, Brasília. **Proceedings**. Brasília: SBE, 2001. p. 225-8.

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, 2003.

SISTEMA DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DO ESTADO DE GOIÁS – SIMEHGO. **Clima**. Disponível em < <http://www.simego.sectec.go.gov.br/clima/index.php>>. Acesso em: 24 jul. 2009.

VERÍSSIMO, C.U.V.; SOUZA, A.E.B.A.; RICARDO, J.M.; BARCELOS, A.C.; NOGUEIRA NETO, J.A.; REIS, M.G.M. Microclima e Espeleoturismo na Gruta de Ubajara, CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 27, Januária. **Anais**. Campinas: SBE, 2003. p. 1-9.

Recebido em março de 2008

Revisado em julho de 2009

Aceito em julho de 2009