

CONSIDERAÇÕES SOBRE OS EFEITOS DO TURISMO NO ECOSSISTEMA DA MINA DO CHICO REI (OURO PRETO, MINAS GERAIS): IMPLICAÇÕES PARA O MANEJO EM SISTEMAS NATURAIS

*CONSIDERATIONS OF THE TOURISM EFFECTS IN THE CHICO REI MINE (OURO PRETO,
MINAS GERAIS): IMPLICATIONS FOR THE MANAGEMENT OF NATURAL SYSTEMS*

Leopoldo Ferreira de Oliveira Bernardi (1), Marconi Souza-Silva (2) &
Rodrigo Lopes Ferreira (3)

(1) Universidade Federal de Lavras (UFLA) - Pós Graduação em Ecologia Aplicada, Bolsista Capes

(2) Centro Universitário de Lavras (Unilavras) - Núcleo de Estudo em Saúde e Biológicas

(3) Universidade Federal de Lavras (UFLA) - Setor de Zoologia/Departamento de Biologia

Lavras - MG - leopoldobernardi@yahoo.com.br; marconisouza@unilavras.edu.br; drops@ufla.br

Resumo

O turismo em cavidades subterrâneas vem sendo difundido e realizado em todo território brasileiro. Tal atividade, no entanto, pode causar severos impactos a estes sistemas, caso seja conduzida de forma inadequada. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações em parâmetros abióticos (temperatura e umidade relativa), além de possíveis deslocamentos da fauna em resposta ao turismo desenvolvido na “Mina do Chico Rei”, localizada em Ouro Preto, Minas Gerais. Foi observada a elevação da temperatura e da umidade relativa após o uso do sistema. Além disso, as atividades turísticas causam alguns impactos ao sistema, tais como a compactação e a homogeneização do piso. Tais alterações fazem com que a fauna se distribua em locais onde o efeito do turismo não é muito intenso. O planejamento do turismo em cavidades subterrâneas deve ser realizado antes do uso destes sistemas, pois alguns impactos decorrentes desta atividade podem ser irreversíveis.

Palavras-Chave: turismo, minas subterrâneas, fauna, cavernas, impactos.

Abstract

Touristic activities in Brazilian caves are quite common. Furthermore, such activities are increasing all over the country. However, the tourism in caves can led to severe impacts when it is conducted in not proper ways. The aim of this work was to evaluate eventual changes in some abiotic (temperature and moisture content) and biotic parameters after some touristic activities in an artificial cavity (“Mina do Chico Rei”), located in Ouro Preto, Minas Gerais. Temperature and moisture content had increased after the touristic visits. Furthermore, those activities had led to some changes in the cavity, such as soil compacting. The invertebrates are preferentially distributed in places not directly or intensively affected by the tourists. The tourism in a cavity has to be planned preferentially before the beginning of those activities, since many impacts derived from tourism can be irreversible.

Key-Words: tourism, subterranean mines, fauna, caves, impacts.

1. INTRODUÇÃO

Existem diversos tipos de cavidades subterrâneas, cada qual formada por processos diferenciados. As cavidades subterrâneas naturais são formadas principalmente pela ação da água, que atua dissolvendo a rocha e formando condutos e galerias de dimensões variadas (GILBERT et al., 1994; GILLIESON, 1996). Além da água, outros processos, tais como erupções vulcânicas e rearranjo de blocos rochosos também podem formar cavernas (GILLIESON, 1996; TWIDALE; ROMANÍ, 2005).

No entanto, processos naturais não são os únicos a dar origem a cavidades subterrâneas. Ações antrópicas também podem gerar cavidades. As cavidades artificiais subterrâneas (minas, túneis e galerias) são abertas pela ação do homem com a finalidade de extração de diferentes minerais ou metais de valor econômico.

Apesar da gênese de cavidades naturais e artificiais ser distinta, ambas podem apresentar características ambientais comuns, determinadas principalmente pela ausência de luz. Deste modo, a maior estabilidade ambiental comparada aos

sistemas externos, além da ausência de organismos fotossintetizantes, são características presentes tanto nas galerias artificiais como nas cavernas (FERREIRA, 2004). Além disso, as minas e cavernas compartilham outros fatores, tais como a estrutura das comunidades e os principais grupos de organismos que as colonizam (PECK, 1988; FERREIRA, 2004).

As semelhanças entre as cavidades subterrâneas artificiais e as cavernas não se restringem a fatores ambientais e faunísticos. Tais cavidades podem também apresentar o mesmo tipo de uso antrópico, como o uso turístico (FERREIRA, 2004). Centenas de cavernas são utilizadas para o turismo em todo o mundo (CIGNA; BURRI, 2000). No Brasil, existem diversas cavidades turísticas, com usos bastante diversificados (uso religioso, esportivo ou simplesmente contemplação). Algumas cavernas no país possuem mais de cem anos de uso para esta finalidade (LINO, 2001, LOBO, 2006a; FERREIRA, 2004).

Em relação ao uso turístico de cavidades artificiais, destaca-se, no país, o estado de Minas Gerais. Este estado possui grande vocação para a extração de minérios, o que levou à construção de milhares de minas subterrâneas ao longo dos últimos 300 anos. Na atualidade, ainda existem centenas de galerias subterrâneas em atividade no Estado. No entanto, algumas galerias históricas atualmente inativas são exploradas turisticamente, tais como a Mina do Chico Rei e a Mina da Passagem, localizadas em Ouro Preto e Mariana, respectivamente.

Embora o turismo em cavidades subterrâneas no Brasil venha sendo realizado há décadas, ainda existem muitas lacunas metodológicas referentes ao manejo adequado destes sistemas. As estratégias de conservação e manejo que balizam o modo do uso destes ambientes, de forma a minimizar os impactos sobre estes sistemas, ainda compreendem um debate recente em nosso país (LINO, 2001; LOBO, 2006a; LOBO, 2006b; LOBO et al., 2009; FERREIRA, 2004; FERREIRA et al., 2009). Como apresentado por Lobo (2006b) e Ferreira e colaboradores (2009), as principais discussões levantadas até o momento relacionam-se a mudanças no meio abiótico, como depredação de espeleotemas, variações de temperatura, umidade, e nos níveis de CO₂ do ambiente. Considerações efetivas sobre o manejo biológico, envolvendo os espécimes presentes nas cavernas, ainda são muito escassas (LINO, 2001; LOBO 2006a; LOBO, 2006b; FERREIRA, 2004; SÉSSEGOLO et al., 2004a; SÉSSEGOLO et al., 2004b; FERREIRA et al., 2009; FERREIRA, 2009).

Existem dificuldades nítidas na proposição de manejo e na conservação de ambientes subterrâneos brasileiros. Entre elas, a determinação da capacidade de carga, a elaboração de rotas e percursos para o uso turístico, a escolha de parâmetros biológicos consistentes que possam auxiliar na construção em ações de manejo, dentre outros (FERREIRA et al., 2009; LOBO, 2009). Nesta perspectiva, cavidades subterrâneas artificiais (funcionalmente semelhantes às cavernas), configuram-se como bons modelos para o desenvolvimento de pesquisas, que visam compreender melhor os sistemas subterrâneos e os potenciais impactos que estes possam vir a sofrer. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os impactos sofridos pela Mina do Chico Rei decorrentes de sua utilização turística. Além disso, aspectos relacionados às possíveis respostas da fauna ao turismo também foram avaliados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local de estudo

A Mina do Chico Rei é uma cavidade subterrânea localizada na região urbana do município de Ouro Preto (23K E656608 N7745079) (Figura 1). Sua construção remonta do século XVIII e, de acordo com os atuais proprietários da área, o objetivo de sua construção era a extração do ouro, posteriormente servindo de rota de fuga para escravos e extravio de ouro roubado. Atualmente a mina está em processo de mapeamento, sendo o turismo desenvolvido apenas na parte inicial da cavidade. O trecho estudado corresponde a uma pequena porção da cavidade, composta por dois corredores principais que totalizam cerca de 139 m. Esta área se apresenta iluminada por lâmpadas elétricas incandescentes. Além disso, foram amostrados outros dois trechos ligados ao sistema turístico, que totalizam cerca de 28 m, e que praticamente não recebem visitas por não se apresentarem iluminados (Figura 7).

2.2. Inventário biológico

Os invertebrados terrestres foram coletados em todos os biótopos potenciais (e.g. depósitos orgânicos, espaços sob rochas e locais úmidos) existentes na cavidade (SHARRATT et al., 2000; FERREIRA, 2004). Cada organismo observado teve sua posição registrada em um croqui da cavidade. Desta forma, ao final de cada coleta, foram geradas informações concernentes à riqueza de espécies, às abundâncias relativas e à distribuição espacial de cada população (FERREIRA, 2004). Para facilitar a caracterização das distribuições populacionais das

espécies de invertebrados, a cavidade foi dividida em 10 setores. Para obtenção dos setores, a cavidade foi dividida em 10 regiões, cada uma correspondente a 1/10 do desenvolvimento linear do local onde foi realizada a amostragem de invertebrados (FERREIRA, 2004). O setor de número 1 foi definido como aquele correspondente à entrada, e o setor de número 10 a região mais afastada da

entrada. As características físicas dos micro-habitats (e.g. piso compactado, piso com rochas soltas, teto, parede) onde os espécimes foram observados e capturados foram registradas no mapa da cavidade (Figura 2). Todos os organismos foram identificados até o nível taxonômico possível e separados em morfo-espécies. A riqueza de espécies foi obtida por meio do somatório do total de espécies encontradas.

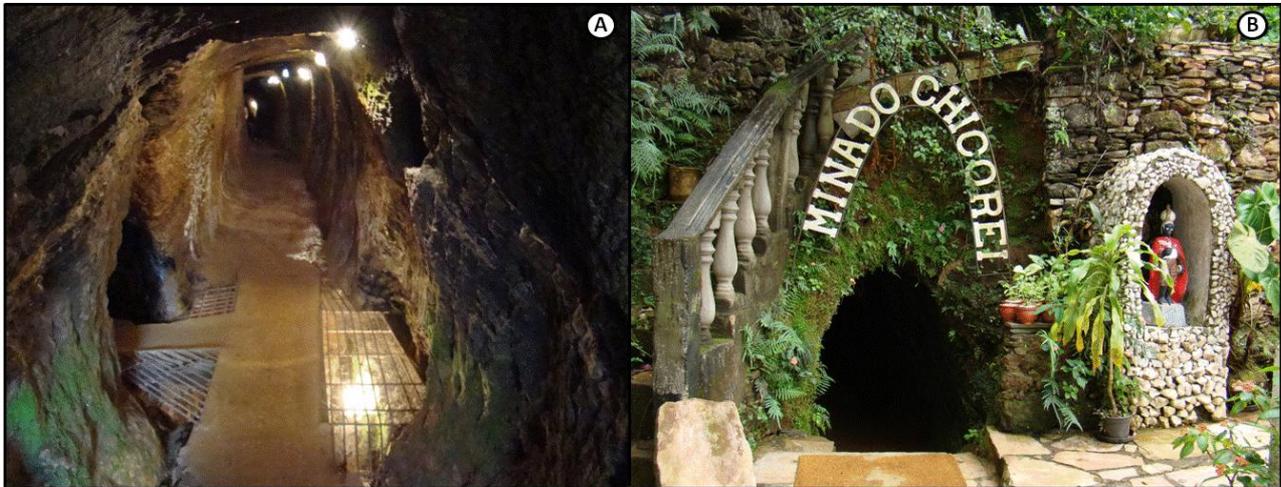


Figura 1: Mina do Chico Rei. A; região interna, vista hipógea da entrada em direção ao fundo. B; região da entrada, meio epígeo.

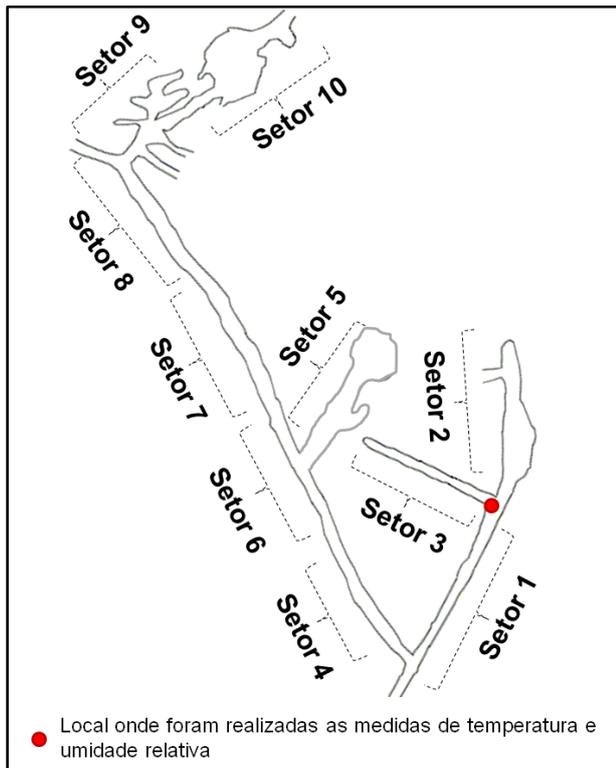


Figura 2: Croqui com a representação esquemática dos setores que foram elaborados na Mina do Chico Rei.

2.3. Caracterização ambiental das galerias artificiais

A caracterização ambiental das galerias artificiais foi realizada concomitantemente às coletas de invertebrados. Para isso, todos os tipos de recursos alimentares presentes nos sistemas foram qualificados e suas posições foram assinaladas no croqui esquemático da cavidade. Além disso, foram tomadas as medidas de temperatura e umidade relativa do ar e taxa de ruídos.

Os equipamentos utilizados para as medições das variáveis abióticas foram um termohigrômetro (que opera em uma faixa de -5 a 70°C e de umidade de 20 a 99%, com precisão de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $\pm 2\%$) e um decibelímetro (opera em uma faixa que varia entre 25 e 130 dB, com precisão de 1,5 dB.)

As medidas de temperatura e umidade relativa foram feitas na porção mediana do conduto onde estão localizados os setores 1, 2 e 3. Segundo os proprietários da cavidade este local é onde o turista passa a maior parte do tempo da visita (Figura 2). Neste local, o termohigrômetro permaneceu fixo a 30 centímetros do solo e a uma distância de cerca de 2 metros do sistema de iluminação.

2.4. Monitoramento ambiental e biológico realizado nas cavidades turísticas

Foram verificados todos os impactos potenciais gerados pela atividade turística na cavidade. Para tal, avaliou-se a distribuição espacial das diferentes populações presentes na Mina do Chico Rei, além da variação de quatro parâmetros ambientais (temperatura, umidade relativa, luminosidade e intensidade de ruídos). Tais medidas abióticas e bióticas foram realizadas em cinco momentos ao longo do dia 27 de Novembro de 2010.

A primeira medida foi feita no início do dia, no período da manhã, antes de qualquer atividade turística. Nesta ocasião foram realizadas medidas de temperatura, umidade relativa e ruídos na região mediana da cavidade com auxílio de um termohigrômetro e um decibelímetro. As medidas de temperatura e umidade relativa foram tomadas após um tempo 40 minutos da colocação do equipamento na cavidade. Durante este período o sistema de iluminação permaneceu desligado e não houve incursões de pessoas ao interior da cavidade.

Após tais medidas, uma equipe de três pessoas adentrou a cavidade para a realização do inventário de todos os invertebrados presentes no sistema. Para tal, foi adotado o método anteriormente descrito (FERREIRA, 2004). Durante a atividade de coleta a sistema de iluminação permaneceu desligado. Logo após, a cavidade foi liberada para que as visitas de grupos de turistas fossem iniciadas.

Cada grupo de visitantes circulava somente pelo percurso iluminado. Durante a visita, as variações nos níveis de ruído eram feitas através de um decibelímetro. Para tal, os grupos de turistas eram acompanhados por um membro da equipe que registrava os valores ao longo da caminhada no interior da cavidade.

Ao final da visita, um membro da equipe entrava na cavidade para verificar os valores mínimos e máximos de temperatura e umidade relativa, a fim de se verificar se houve variação nestes parâmetros em relação aos valores inicialmente medidos. Após terem sido anotados os valores dos parâmetros abióticos, uma equipe de três pessoas entrava novamente na cavidade e realizava uma nova vistoria em todo o ambiente. Neste procedimento os invertebrados encontrados eram novamente plotados em um croqui da cavidade, com intuito de se observar se haviam mudanças nas localizações das populações após a interferência da atividade turística.

Todo o trabalho foi conduzido ao longo de uma única manhã, tendo início as 8:00 com as medidas iniciais, as 9:30 foi realizada a visita do primeiro grupo, e as atividades foram encerradas ao 12:30.

3. RESULTADOS

No interior da Mina do Chico Rei foram encontradas 15 espécies de 9 ordens, pertencentes aos seguintes taxa: Araneae (Pholcidae – *Mesabolivar* sp.; Nesticidae – *Nesticus* sp.); Opiliones (Gonyleptidae – *Eusarcus* sp.), Shymphyla, Psocoptera, Coleoptera (Pselaphidae), Lepidoptera (Tineidae); Orthoptera (Phalangopsidae – *Strinatia* sp., *Endecous* sp.), Diptera (Culicidae – *Culex* sp.), e Collembola. Nenhum organismo troglomórfico foi encontrado na cavidade (Tabela 1).

A riqueza e a abundância das espécies apresentaram os maiores valores nos setores mais próximos à entrada da cavidade (Figura 3 e 4).

A população de *Endecous* sp. (Orthoptera: Phalangopsidae), a espécie melhor distribuída no sistema, também seguiu a mesma tendência da riqueza, estando mais concentrada nos setores próximos à entrada da cavidade (Fig. 5 e 7).

Os espécimes encontrados no piso da cavidade na região turística foram observados principalmente em locais onde havia pedras soltas e matéria orgânica. Estes locais estão concentrados próximos às paredes, e não são pisoteados durante as visitas, pois estão fora do percurso utilizado pelos turistas (Fig. 6 e 7).

Outros locais onde os invertebrados foram observados são os condutos laterais, que estão conectados às zonas turísticas. Nestes condutos, o solo é pouco compactado, apresentando pedras soltas e alguns restos orgânicos, tais como papéis, velas com presença de fungos e pedaços de madeira. Pelo fato destes condutos não serem visitados (devido à ausência de iluminação), o lixo não é removido e o local não sofre com a compactação do solo ocasionada pelo turismo intenso.

Os locais da cavidade onde foram observadas as maiores agregações de espécimes foram o teto e as paredes na região de entrada. Nesta porção, existe uma região de penumbra e o piso não apresenta micro-habitats disponíveis, pois foi alterado pela confecção de uma escada, além de der sido revestido por cimento (Figuras 1 e 7).

Tabela 1: Taxa encontrados na Mina do Chico Rei com suas respectivas espécies e número de setores em que foram encontrados.

| Nº Referência | Ordem/Família | Espécie | Nº Setores |
|---------------|----------------------------|---------------------------------|------------|
| 1 | Orthoptera: Phalangopsidae | <i>Endecous</i> sp1 | 7 |
| 2 | Collembola | espécie 1 | 3 |
| 3 | Collembola | espécie 2 | 4 |
| 4 | Aranae: Pholcidae | <i>Mesabolivar</i> sp. | 4 |
| 5 | Coleoptera: Pselaphidae | espécie 1 | 3 |
| 6 | Aranae: Nesticidae | <i>Nesticus</i> sp1 | 3 |
| 7 | Orthoptera: Phalangopsidae | <i>Strinatia</i> sp. | 2 |
| 8 | Diptera: Culicidae | <i>Culex</i> sp1 | 2 |
| 9 | Opiliones: Gonyleptidae | <i>Eusarcus</i> sp. | 2 |
| 10 | Opiliones: Gonyleptidae | <i>Mitogoniella indistincta</i> | 1 |
| 11 | Symphyla | espécie 1 | 1 |
| 12 | Psocoptera | espécie 1 | 4 |
| 13 | Collembola | espécie 3 | 1 |
| 14 | Opiliones: Gonyleptidae | espécie 1 | 3 |
| 15 | Lepidoptera: Tineidae | espécie 1 | 1 |

Legenda: Nº Referência= refere-se ao número de representação da espécie no croqui esquemático da cavidade apresentado na figura 7. Nº Setores= quantidade de setores em que a espécie foi observada durante o levantamento da fauna de invertebrados na Mina do Chico Rei.

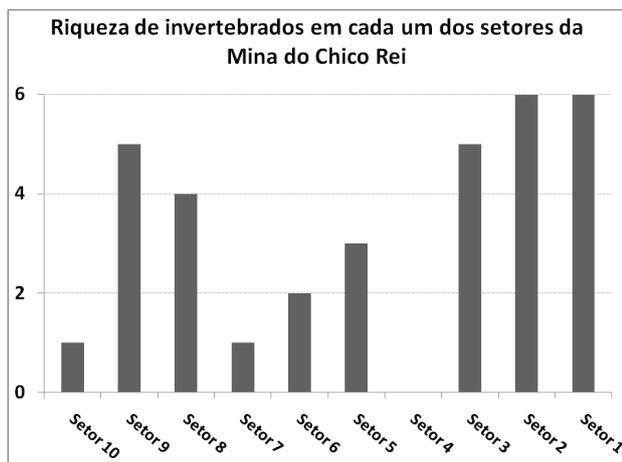


Figura 3: Distribuição da riqueza de espécies de invertebrados ao longo dos setores da Cavidade artificial Mina do Chico Rei.

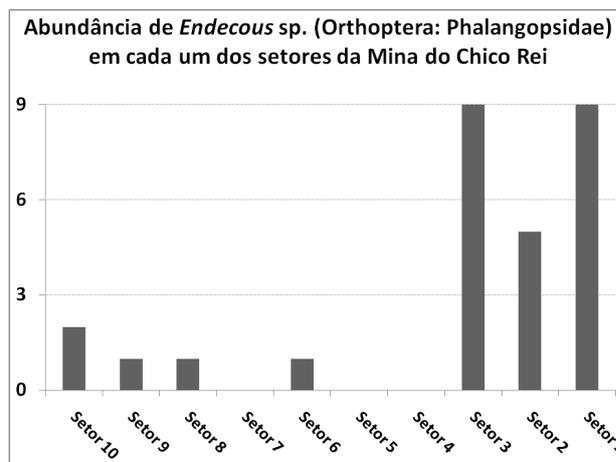


Figura 5: Distribuição da população de *Endecous* sp. ao longo dos setores da Cavidade artificial Mina do Chico Rei.

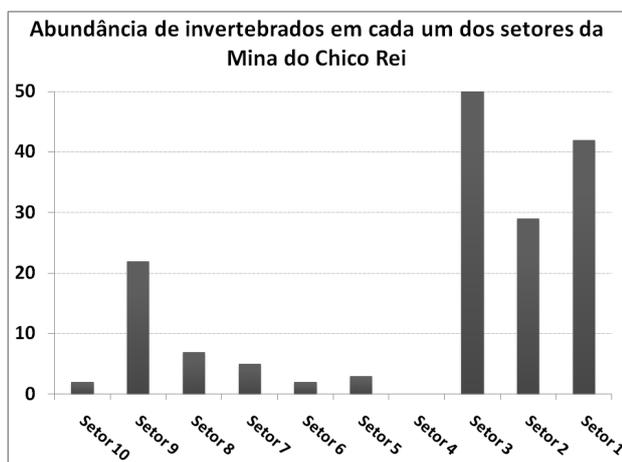


Figura 4: Distribuição das abundâncias de invertebrados ao longo dos setores da Cavidade artificial Mina do Chico Rei.

A região de entrada é atípica em relação a disponibilidade de recursos quando comparada ao restante da cavidade. Nesta área quase toda a parede é revestida por musgos e algas, que podem servir de recurso alimentar para a fauna. No restante da cavidade, os únicos recursos alimentares potencialmente utilizados compreendem poucos restos orgânicos, além dos fungos e eles associados. Todo este material corresponde a restos orgânicos trazidos pelos turistas ou então restos de estruturas utilizadas para facilitar o acesso dos turistas. Dentre eles pode-se citar papéis, velas, restos de alimento, pedaços de madeira utilizados em corrimão e um pedaço de corda.



Figura 6: Presença de dois locais distintos no piso da cavidade turística Mina do Chico Rei. A, região de solo compactado onde existe o caminhamento preferencial do turismo; B, locais com presença de rochas soltas, material particulado, lixo orgânico e inorgânico que sofreram pouca ação de pisoteamento.

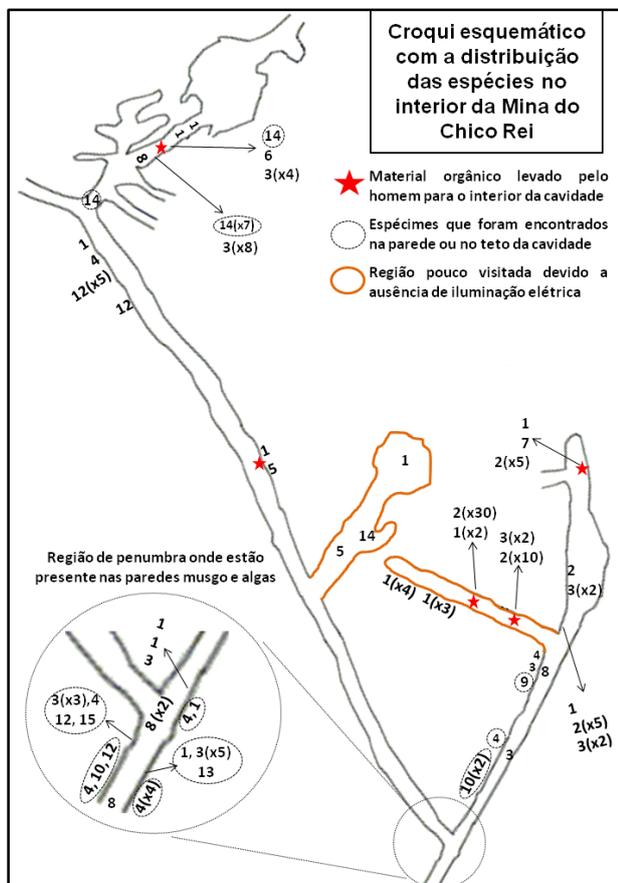


Figura 7: Croqui representando a distribuição das espécies e dos recursos presentes na Mina do Chico Rei.

Em relação aos padrões de distribuição da fauna, após o desenvolvimento do turismo não foram observadas modificações na localização das populações dos espécimes, quando comparados com

os dados da coleta realizada inicialmente, antes de qualquer atividade turística. O padrão de distribuição da fauna permaneceu semelhante àquele observado na primeira vistoria realizada na cavidade, mesmo após as quatro visitas de grupos de turistas.

Apesar dos padrões de distribuição da fauna não terem sido alterados, os parâmetros abióticos, de temperatura e umidade relativa, apresentaram alterações após a realização do turismo.

O valor inicial registrado para a temperatura e a umidade relativa, no momento anterior a qualquer atividade antrópica, foram 17,8°C e 86%, respectivamente.

A primeira visita turística ocorrida na Mina do Chico Rei foi feita por um grupo composto de dois adultos e duas crianças. Após esta visita, os valores de temperatura e umidade relativa se alteraram para 18,5°C e 90%.

Após a segunda visita os valores registrados foram de 18,4°C e 92%, e após a terceira visita os valores alteraram para 18,6°C e 93%. Em ambas as ocasiões entraram na cavidade grupos compostos de um adulto e uma criança.

A quarta e última visita foi realizada por dois adultos, e os valores registrados foram 18,6°C e 92% (Figura 8).

Durante cada uma das visitas o sistema de iluminação era ligado possibilitando o turista e caminhar livremente pela cavidade. Imediatamente após a saída dos grupos o sistema de iluminação era desligado.

A emissão de ruídos durante as quatro visitas realizadas na cavidade apresentaram uma variação entre 32dB e 26,3dB. Durante a visita do primeiro grupo foi registrado valor mais elevado para a emissão de ruídos (32dB), o menor valor foi registrado durante a visita do segundo (26,3dB). Durante o percurso realizado pelo terceiro e o quarto grupo de turistas foi observado um valor máximo de 26,3dB e 28,4dB, respectivamente.

Não foi possível determinar padrões de intervalos de tempo para cada uma das visitas durante o desenvolvimento do estudo. Entretanto, cada grupo de turista se manteve dentro da cavidade por no mínimo 20 minutos e os intervalos entre as visitas foi de no mínimo 40 minutos.

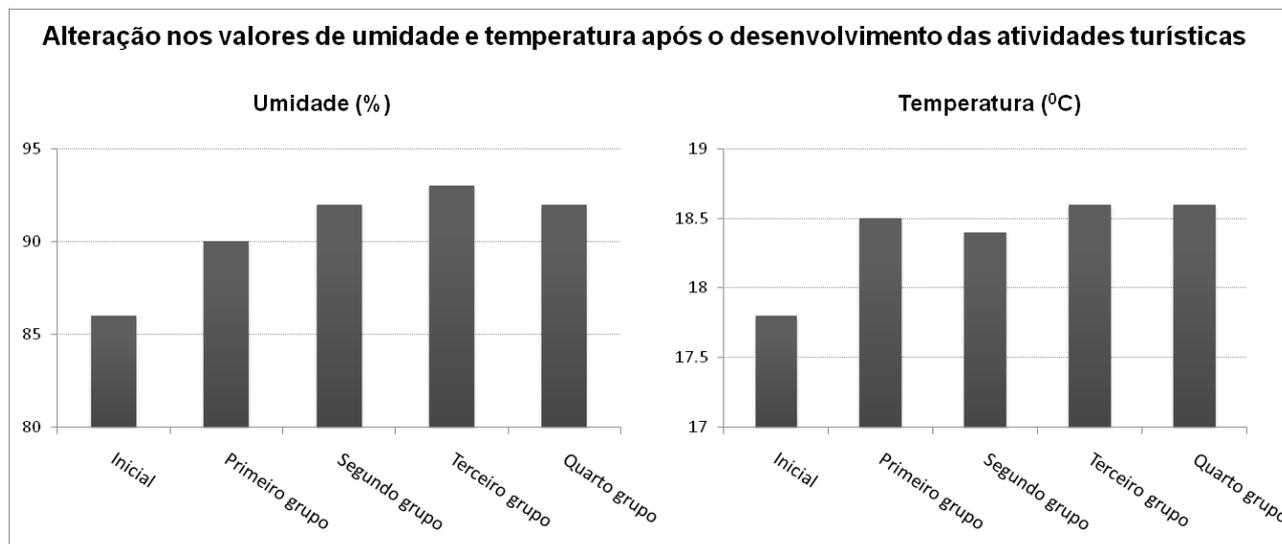


Figura 8: Efeitos das visitas turísticas nos valores de temperatura e umidade relativa no interior da cavidade turística Mina do Chico Rei

4. DISCUSSÃO

4.1. Variação na comunidade biológica

Diversas cavernas em todo o mundo recebem um grande número de visitantes. Como exemplo, podem ser citadas as cavernas de Altamira e Marvels na Espanha, Bayun na China, Cheddar, Peak e Speedwell na Inglaterra, Mammoth nos Estados Unidos, Postojna na Eslovênia, dentre outras (PULIDO-BOSH, 1997; GUNN et al., 2000; LINHUA et al., 2000). O mesmo ocorre no Brasil, estando em destaque aquelas cavidades voltadas para o turismo religioso, que podem receber milhares de pessoas anualmente (LINO, 2001). Grande parte desses sistemas apresenta modificações estruturais que visam auxiliar ou favorecer o deslocamento dos turistas. Tais alterações quase sempre acarretam em impactos. Desta forma, recentemente, têm sido amplamente discutidas questões relativas a como conciliar as ações promovidas pelo turismo com a preservação dos ambientes hipógeos (FERREIRA, 2004; FERREIRA et al., 2009; LOBO, 2006a; LOBO, 2006b; SOUZA-SILVA; FERREIRA, 2009).

Grande parte dos trabalhos produzidos no Brasil e no mundo a respeito do manejo turístico em cavernas, dão importância principalmente às

condições climáticas, tais como variações de temperatura, umidade relativa e CO₂ no ambiente hipógeo (VILLAR et al., 1984; PULIDO-BOSH et al., 1997; LINHUA et al., 2000; LOBO 2006b; FERNÁNDEZ-CORTÉS et al., 2006). No entanto, poucos trabalhos consideram efetivamente os efeitos do turismo sobre a biota subterrânea, sendo urgente a elaboração de estudos que visam esclarecer alguns aspectos do manejo de ecossistemas subterrâneos (EBERHARD, 2001; FERREIRA, 2004; FERREIRA et al., 2009; SOUZA-SILVA; FERREIRA, 2009).

Os invertebrados encontrados na Mina do Chico Rei compreendem os mesmos grupos observados por Souza-Silva (2008) em cavernas localizadas próximas a esta Mina turística. Desta forma é possível que os dados resultantes do presente estudo possam ser utilizados como um balizador em futuras ações de manejo em sistemas naturais. Assim, o primeiro ponto a ser observado é que existe um aspecto marcante ligado à disposição dos espécimes observados na Mina da Chico Rei. O piso da cavidade, em especial, foi quase todo aplainado através da compactação mecânica do solo, ou então, através do acréscimo de brita ou cimento, resultando em uma redução na disponibilidade de micro-habitats em que a fauna pode se abrigar

(Figura 1, 6 e 7). O que se observa, em aspectos gerais, é que os espécimes estão distribuídos fora da zona de caminhamento estabelecida pelo turismo, se concentrando em regiões que não sofrem diretamente com a compactação do solo por pisoteamento. Em cavidades naturais, a fauna geralmente se distribui por todo o sistema, já que os microhabitats estão, em sua maioria, distribuídos por todo o piso e parede das cavernas (FERREIRA, 2004; FERREIRA et al., 2009). A distribuição de invertebrados por todo o sistema, também ocorre em cavidades subterrâneas artificiais não turísticas (Bernardi, dados não publicados), e em locais na Mina do Chico Rei onde não há fluxo intenso de visitantes. Desta forma, a maneira como o turismo é conduzido pode determinar os locais onde os espécimes podem se abrigar e estabelecer suas populações. Por outro lado, tais zonas de caminhamento devem sempre ser determinadas em função da distribuição original das espécies no meio subterrâneo. Para isso devem ser considerados os padrões de distribuição das espécies durante no mínimo um ano, abrangendo estações de seca e chuva. Além disso, é importante de sejam feitos acompanhamentos periódicos da fauna, já que atividades turísticas podem alterar a distribuição de invertebrados em sistemas subterrâneos (FERREIRA, 2004).

Além dos fatores ligados à disponibilidade de habitats, a presença de recursos alimentares também pode ser determinante na distribuição das populações. As comunidades presentes em cavidades subterrâneas artificiais, como em cavernas, também apresentam grande dependência de fontes de material orgânico proveniente do sistema epígeo. Em ambos os sistemas a ausência de luz não permite o crescimento de organismos fotossintetizantes, tornando os mesmos, na maior parte dos casos, oligotróficos (FERREIRA, 2004). A Mina do Chico Rei passa periodicamente por vistorias que visam melhorar a condição do turismo e deixar o ambiente mais “agradável” ao público. Nestas ocasiões a pouca matéria orgânica que penetra no sistema é removida, no intuito de melhorar a aparência da cavidade e evitar a proliferação de insetos que possam incomodar os turistas. Desta forma, esta cavidade apresenta-se extremamente pobre em recursos orgânicos. Assim, é de se esperar que as populações mantenham um grande número de indivíduos concentrados nas proximidades da entrada, onde existem musgos e algas. Além disso, locais onde existem restos orgânicos deixados pelos turistas também concentram invertebrados.

A quantidade e a disponibilidade de recursos alimentares em sistemas subterrâneos podem

influenciar diretamente o tamanho das populações no meio subterrâneo (FERREIRA, 2004; MARTINS, 2009). Desta forma, quando se visa o estabelecimento do turismo em uma cavidade, é importante que se possibilite a manutenção adequada do fluxo de energia. Este é certamente um fator decisivo na manutenção de populações de invertebrados, mesmo em sistemas que recebem milhares de visitantes (EBERHARD, 2001).

Na Caverna Lapa Nova de Maquiné (Cordisburgo, MG), foi observada uma situação semelhante à encontrada na Mina do Chico Rei (FERREIRA, 2004). Nesta caverna, a fauna também tende a se abrigar em zonas adjacentes às áreas de visitação, onde são encontrados recursos carregados por turistas. A maior parte destes recursos compreende restos orgânicos, como objetos de madeira (e.g. fósforo, palitos de sorvete), restos de alimento e papel, e permanecem ali após a realização da atividade turística (FERREIRA, 2004).

Com o decorrer das atividades antrópicas na cavidade, era esperado que a fauna se deslocasse para áreas de pouca visitação, ao longo do dia. Entretanto, observou-se que, com a entrada dos turistas, as populações se mantiveram concentradas nos mesmos locais, não havendo alterações em relação à distribuição prévia à realização das visitas. Tal fato sugere que as comunidades tendem a se adequar ao turismo não por meio de contínuas “expansões” e “retrações” cíclicas das populações. A solução aparentemente conseguida decorre da permanência das populações em áreas que não são diretamente afetadas pela ação de impactos diretos como pisoteamento.

Embora indiscutivelmente importante, o turismo, se realizado de forma inadequada, pode levar à redução populacional de certas espécies ou mesmo à extinção local de certos grupos. Desta forma, é fundamental, durante o planejamento prévio da utilização turística de uma dada cavidade, que aspectos bióticos sejam considerados. Em certas cavernas, onde o manejo é adequado, é possível a manutenção das condições de fluxo de energia para o sistema e a manutenção da fauna (EBERHARD, 2001). Além disso, existem casos onde elementos da fauna acabam tornando-se um dos principais atrativos turísticos. Como exemplo pode-se citar as cavernas da Nova Zelândia, onde o principal atrativo é uma pequena larva de diptera bioluminescente (Diptera: Keroplatidae: *Arachnocampa* sp.), mesmo em cavernas onde há um grande nível de carga turística (EBERHARD, 2001).

4.2. Variação no microclima

Villar e colaboradores (1984) em um estudo desenvolvido na caverna de Altamira, Espanha, mostraram que o fluxo de pessoas pode produzir, em média, uma energia equivalente à 170W. Esta liberação de energia pode alterar pontualmente as condições climáticas dos sistemas subterrâneos (PULIDO-BOSH et al., 1997; LOBO, 2006b). O mesmo foi observado na Mina do Chico Rei, onde com a entrada de grupos de turistas e o funcionamento do sistema de iluminação na cavidade elevou os valores de temperatura e a umidade relativa. Segundo Pulido-Bosch e colaboradores (1997) o fluxo de turistas e a iluminação elétrica são responsáveis pelo aumento da temperatura na Caverna de Marvels. Nesta caverna, o número de turistas mostrou-se positivamente correlacionado com a elevação da temperatura e a umidade. É importante ressaltar que no estudo conduzido por Pulido-Bosch e colaboradores (1997), o período de coleta de dados foi realizada durante 23 horas, ao contrário deste estudo onde foi realizada apenas uma coleta após o intervalo de 30 minutos de funcionamento da iluminação. Por este motivo podem ter sido observado estas diferenças nas variações dos parâmetros abióticos.

Em sistemas muito isolados, tais como geodos gigantes, mesmo um pequeno número de turistas pode alterar o microclima, elevando a temperatura nestes ambientes (FERNÁNDEZ-CORTÉS et al., 2006). Além disso, os espaços confinados não permitem uma rápida dispersão dos impactos, os quais acabam resultando em interferências mais intensas e durante prazos maiores de tempo (FERNÁNDEZ-CORTÉS et al., 2006; LOBO, 2006b).

Trabalhos relacionados aos impactos sonoros em sistemas subterrâneos ainda são muito escassos (LOBO; ZAGO, 2009). Mas em um estudo pioneiro no Brasil realizado por Lobo e Zago (2009) na Caverna Morro Preto no Petar, mostrou através de monitoramento de variações ambientais indícios que apontam para a incidência de poucos impactos ambientais negativos derivados da emissão sonora. Mas apesar de não existirem estudos mais específicos, alguns organismos podem ser influenciados tanto pela presença de turistas como pelos distúrbios causados por estes. Souza-Silva e Ferreira (2009) apontam que o turismo na Caverna de Ubajara deve ser conduzido em silêncio e com cautela, nos locais com agregações desses organismos. Evitando assim, afugentar os mesmos e pisotear em seu guano.

4.3. Considerações sobre a implantação de turismo em cavidades

Como anteriormente mencionado, atividades turísticas podem acarretar em alterações climáticas, nas condições de disponibilidade de microhabitats e nas vias de acesso de recurso em cavidades subterrâneas artificiais. Desta forma, algumas medidas devem ser tomadas previamente e durante o estabelecimento de atividades turísticas em cavidades subterrâneas para que seja feito um manejo efetivo da fauna.

A manutenção de espaços onde existem microhabitats passíveis de serem colonizados por invertebrados é algo que pode auxiliar na manutenção das espécies em sistemas subterrâneos. Segundo Ferreira (2004) a grande disponibilidade de microhabitats pode determinar o número de espécies em sistemas subterrâneos. Cavernas extensas e que apresentam uma grande quantidade de microhabitats tendem a ser mais ricas que cavernas de pequeno porte e com microhabitats limitados. Como apontado por Ferreira e colaboradores (2009), o estabelecimento de rotas turísticas bem delimitadas é imprescindível durante a elaboração do plano de manejo de um sistema subterrâneo. Para tal, deve-se evitar que o turismo seja conduzido por locais onde haja uma elevada riqueza. Além disso, áreas com a presença de espécies raras, endêmicas e ameaçadas de extinção, tais como os troglóbios, devem ser protegidas da ação do turismo (SESSSEGOLLO et al., 2004b; FERREIRA et al., 2009; SOUZA-SILVA, 2009; FERREIRA, 2009). Como observado por Souza-Silva e Ferreira (2009), locais com agregações de morcegos devem ser evitados, para que estes organismos não sejam afugentados pelo trânsito de pessoas, já que eles são importantes provedores de recursos alimentares para os sistemas subterrâneos.

O estabelecimento da capacidade de carga de um sistema também é de suma importância em sistemas subterrâneos (LOBO et al., 2009). Uma vez que as atividades turísticas geram alterações na temperatura e umidade relativa dos sistemas subterrâneos, grupos muito grandes de turistas podem vir a prejudicar o crescimento de espeleotemas e alterar o formato de rochas (SHOPOV, 2004).

O planejamento prévio da utilização de cavernas para o turismo é essencial, tendo em vista que estas atividades podem interferir em diversas estruturas e processos inerentes a estes sistemas (EBERHARD, 2001; FERNÁNDEZ-CORTÉS et al., 2006). Nesta perspectiva, estudos realizados em sistemas subterrâneos artificiais são essenciais, pois

podem balizar o planejamento de ações que venham a minimizar os impactos do turismo em cavernas.

Antônio Brescovit, Adriano Kury, Marcelo Ribeiro e Thaís G. Pellegrini, pelo auxílio nas identificações de alguns invertebrados.

Agradecimentos

Aos colegas Marcus Paulo de Oliveira, Amanda M. Teixeira e Matheus Brajão pelo auxílio auxílio durante o desenvolvimento das atividades de campo.

Este trabalho contou com o auxílio financeiro da Fundação de Amparo a Pesquisa do estado de Minas Gerais (Fapemig Processo N^o: APQ 4189 5 03-07).

Referências Bibliográficas

- CIGNA, A.A.; BURRI, E. Development, Management and Economy of Show Caves. **International Journal of Speleology**, n.29, v.1, p.01-27, 2000.
- EBERHARD, S. Cave fauna monitoring and management at Ida Bay, Tasmania. **Records of the Western Australian Museum**, (Supplement) n.64, p.97-104, 2001.
- FERNÁNDEZ-CORTÉS, A.; CALAFORRA, J.M.; ANCHEZ-MARTOS, F.S.; GISBERT J. Microclimate processes characterization of the giant Geode of Pulpí (Almería, Spain): technical criteria for Conservation. **International Journal of Climatology**, n.26, p.691–706, 2006.
- FERREIRA, R.L. A medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos. 2004. 158p. Tese de doutorado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais Belo Horizonte, 2004.
- FERREIRA, R.L.; MARTINS R.P. Diversity and distribution of spiders associated with bat guano piles in Morrinho cave (Bahia State, Brazil). **Diversity and Distributions**, n.4, p.235-241, 1998.
- FERREIRA, R.L.; MARTINS R.P. Mapping subterranean resources: The cave invertebrates distribution as indicator of food availability. **Revista Brasileira de Zoociências**, n.11, v.2, p.119-127, 2009.
- FERREIRA, R.L.; BERNARDI, L.F.O.; SOUZA-SILVA, M. Caracterização dos ecossistemas das Grutas Aroê Jari, Kiogo Brado e Lago Azul (Chapada dos Guimarães, MT): Subsídios para o turismo nestas cavidades. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.9, n.1, p.41-58, 2009.
- GUNN, J.; HARDWICK, P.; WOOD, P.J. The invertebrate community of the Peak–Speedwell cave system, Derbyshire, England — pressures and considerations for conservation management. **Aquatic Conservation: Marine And Freshwater Ecosystems**, n.10, p.353–369, 2000.
- LINO, C. F. **Cavernas; O fascinante Brasil subterrâneo**. Editora Gaia LTDA. São Paulo. 2001. p.288.
- LOBO, H.A.S. O lado escuro do paraíso: espeleoturismo na Serra da Bodoquena. 2006b. 164p. Dissertação de Mestrado em Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso, Aquidauana, 2006a.
- LOBO, H.A.S. Caracterização dos Impactos Ambientais Negativos do Espeleoturismo e Suas Possibilidades de Manejo. **IV Seminário de Pesquisa em Turismo do Mercosul/III Seminário da ANPTUR**. Caxias do Sul, RS. Anais do SemintUR. Caxias do Sul, RS : EDUCS, v.4, 2006b.
- LOBO, H.A.S; PERINOTTO, J.A.J.; BOGGIANI P.C. Capacidade de carga turística em cavernas: estado-da-arte e novas perspectivas. **Espeleo-Tema**, v.20, n.1/2, p.37-47, 2009.
- LINHUA, S.; XIAONING, W.; FUYUAM L. The influences of cave tourist on CO₂ and temperature in Baiyun Cave. **International Journal of Speleology**, v.29b, n.1/4, p.77-87, 2000.

- GILBERT, J.; DANIELPOL, D.L.; STANFORD, J.A. 1994. Groundwater Ecology. San Diego: Academic Press Limited, 1994. p. 571.
- GILLIESON, D. **Caves; processos, development and management**. Cambridge, Blackwell Publisher Ltd, 1996. p.324.
- PECK, S.B. A review of the cave fauna of Canada, and the composition and ecology of the invertebrate fauna of cave and mines in Ontário. **Canadian Journal of Zoology**, n. 66, p.1197-1213.1988.
- PULIDO-BOSCH A.; MARTÍN-ROSALES W.; LÓPEZ-CHICANO M.; RODRÍGUEZ-NAVARRO C.M.; VALLEJOS A. Human impact in a tourist karstic cave (Aracena, Spain). **Environmental Geology** n.31, v.3/4, p.142-149. 1997.
- SESSEGOLO, G.C.; OLIVEIRA, K.; PRIES, D.C.; ROCHA, L.F.S.; ZAKRZEWSKI, D.P. Síntese do plano de manejo do Parque Natural Municipal das Grutas de Botuverá, estado de Santa Catarina. **IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. Anais, Volume I (Trabalhos técnicos)**, p.446-453, 2004a.
- SESSEGOLO, G.C.; PRIES, D.C.; ROCHA, L.F.S.; PINTO-DA-ROCHA, R.; ZAKRZEWSKI, D.P. Manejo da Caverna Maroaga, Presidente Figueiredo/AM. **IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. Anais, Volume I (Trabalhos técnicos)**, p.399-405, 2004b
- SHARRATT, N.J.; PICKER M.; SAMWAYS, M. The invertebrate fauna of the sandstone of the caves of the Cape Peninsula (South Africa): patterns of endemism and conservation priorities. **Biodiversity and Conservation**, n.9, p.107-143, 2000.
- SHOPOV, Y.Y. Sediments: biogenic. In: GUNN, J (Ed.) **Encyclopedia of Caves and Karst Science**. New York/London: Taylor and Francis Group, 2004. p.1356-1359.
- SOUZA-SILVA, M. **Ecologia e conservação das comunidades de invertebrados cavernícolas na Mata Atlântica Brasileira**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais/Pós-Graduação em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre. 226pp.
- SOUZA-SILVA, M.; FERREIRA, R.L. Caracterização ecológica de algumas cavernas do Parque Nacional de Ubajara (Ceará) com considerações sobre o turismo nestas cavidades. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, vol.9, n.1, p.59-71, 2009.
- TWIDALE, C.R.; ROMANÍ J.R.V. **Landforms and Geology of Granite terrains**. The Netherlands, Amsterdam: Balkema, 2005, 352p.
- VILLAR, E.; BONET, A.; DIAZ-CANEJA, B.; FERNANDEZ, P.L.; GUTIERREZ, I.; QUINDOS, L.S.; SOLANA, J.R.; SOTO, J. Ambient temperature variations in the hall of paintings of Altamira cave due to the presence of visitors. **Cave Science**, v.11, n.2, p.99-104, 1984.

Fluxo editorial:

Recebido em: 26.11.2010

Corrigido em: 20.12.2010

Aprovado em: 20.12.2010



A revista *Turismo e Paisagens Cársticas* é uma publicação da Seção de Espeleoturismo da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SeTur/SBE). Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/turismo.asp