

CAPACIDADE DE CARGA TURÍSTICA EM CAVERNAS: ESTADO-DA-ARTE E NOVAS PERSPECTIVAS¹

TOURIST CARRYING CAPACITY IN CAVES: STATE-OF-ART AND NEW PERSPECTIVES

Heros Augusto Santos Lobo^I, José Alexandre de Jesus Perinotto^{II} & Paulo César Boggiani^{III}

(I) Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente – UNESP/Rio Claro-SP.

(II) Departamento de Geologia Aplicada – UNESP/Rio Claro-SP.

(III) Instituto de Geociências – IGc/USP, São Paulo-SP.

Contatos: heroslobo@hotmail.com; perinoto@rc.unesp.br; boggiani@usp.br

Resumo

Este artigo apresenta as principais tendências mundiais para a proposição de limites de visitação turística em cavernas por meio da capacidade de carga, incluindo também exemplos brasileiros. A pesquisa bibliográfica e documental se pautou em trabalhos publicados em diversas partes do mundo, para possíveis comparações com a realidade nacional. Foram encontradas três correntes principais de planejamento e gestão da visitação em cavernas: 1) o controle de um dos parâmetros ambientais; 2) o coeficiente de rotatividade e os cenários de visitação desejáveis; e 3) a capacidade de carga de Cifuentes. Conclui-se que a definição de limites espaciais e temporais, como nas propostas de coeficiente de rotatividade e de cenários desejáveis em voga no Brasil, são apenas passos preliminares para a definição da capacidade de carga de uma caverna. Na maioria dos casos, a capacidade de carga deve ser estudada em função das variações de intensidade e frequência da demanda, bem como da sazonalidade do próprio ambiente, incluindo parâmetros geoespeleológicos, bióticos e microclimáticos nos estudos realizados.

Palavras-Chave: Capacidade de Carga; Espeleoturismo; Gestão; Manejo Espeleológico.

Abstract

This work presents some studies related to the behavioral and physical limits for tourism in Brazilian caves, as well as trends in current research on speleotourist carrying capacity. The methods of research were based on surveys including world examples for any comparisons with caves in Brazil. Three main approaches were found for the management of tourist caves: 1) control of the environmental parameters; 2) coefficient of rotativity and the desired visitation scenarios; and 3) Cifuentes carrying capacity. It was concluded that limitations in time and space, such as used by the proposals of coefficient of rotativity and desired scenarios, popular in Brazil, are only preliminary steps for the definition of the carrying capacity of a cave. In the most of the cases, carrying capacity should be studied in function of the variations from intensity and frequency of public use, as well based in the seasonal fluctuations of the environment, including parameters of geospeleology, speleobiology and microclimate in the researches.

Keywords: Carrying Capacity; Speleotourism; Management; Speleological Management.

Eixo temático: Manejo Ambiental

Recebido em: 01.set.2009

Enviado para avaliação em: 01.set.2009

Aprovado em: 02.dez.2009

Introdução

O espeleoturismo é um segmento da atividade turística de grande expressão internacional. Cigna & Burri (2000) elencam

mais de duzentas cavernas com adaptações para a visitação turística ao redor do globo, com destaque para a Europa e Ásia e com apenas vinte localizadas no Brasil. Todavia, trata-se de uma visão parcial da atividade

espeleoturística no país, por considerar apenas algumas das cavernas com adaptações para o turismo institucionalizado. Grandes concentrações de cavernas visitadas, porém em outros contextos locais e regionais de uso público, deixam de ser consideradas, como os Parques Estaduais: Terra Ronca (GO), Turístico do Alto Ribeira – PETAR – (SP); e os Parques Nacionais: Chapada Diamantina (BA) e Cavernas do Peruaçu (MG) – apenas para citar exemplos de conhecimento notório. Estudos preliminares de Lobo et al. (2008) relacionam aproximadamente duzentas cavernas que, reconhecidamente, apresentam algum tipo de visitação turística no Brasil, com ou sem regulamentação. Deste vasto universo, menos de quarenta apresentam algum tipo de controle diário de visitação – preliminar ou definitivo –, das quais a maioria ainda não possui seus respectivos instrumentos legais de manejo elaborados.

Das muitas formas de manejo e gestão possíveis de se aplicar em cavernas, a capacidade de carga é um procedimento que visa identificar limites quantitativos de visitação baseados em limites aceitáveis de uso, com base em parâmetros ambientais – físicos e bióticos – e sociais. Estudos de referência sobre o assunto em nível mundial foram feitos por Cigna & Forti (1989), Pulido-Bosch et al. (1997), Hoyos et al. (1998), Song et al. (2000), Calaforra et al. (2003) e Fernández-Cortés et al. (2006a, b). No Brasil, os principais trabalhos já publicados sobre o assunto foram os de Boggiani et al. (2001, 2007) para as cavernas do Monumento Natural Gruta do Lago Azul, em Bonito, Estado de Mato Grosso do Sul e de Lobo (2005, 2007, 2008) para a caverna de Santana, no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), Estado de São Paulo.

Partindo deste cenário, o presente trabalho apresenta uma síntese sobre os estudos relacionados à capacidade de carga em cavernas, classificando os métodos utilizados em distintas categorias e buscando demonstrar em que casos cada um dos procedimentos identificados é mais adequado.

Os métodos de investigação se basearam em levantamentos secundários em artigos científicos, relatórios técnicos e monografias. Foram identificados exemplos de cálculos de capacidade de carga em cavernas situadas na Europa, Costa Rica e Brasil. Os procedimentos identificados nos diversos

lugares estudados foram analisados de forma a identificar as principais tendências praticadas em cada uma destas regiões.

Conceitos de capacidade de carga em cavernas

A capacidade de carga é uma ferramenta de planejamento que permite aos gestores de uma área ou atrativo tomar decisões sobre a intensidade máxima de visitação permitida em um intervalo delimitado de tempo (Hoyos et al., 1998; Carranza et al., 2006). É o fluxo máximo aceitável de visitantes em uma caverna, sem que ocorra a alteração da dinâmica ambiental natural (Cigna & Forti, 1989; Cigna & Burri, 2000; Boggiani et al., 2007). Por outro lado, um certo nível de impactos é aceitável, desde que não altere em definitivo o estado geral de conservação do sistema natural (Mangin et al., 1999). De um modo geral, a capacidade de carga espeleoturística é definida como

a possibilidade de limitação temporo-espacial de uso de uma caverna de forma a não gerar danos ambientais, tendo como fator chave a sua capacidade de resiliência. Sua origem deriva das possibilidades de manejo que uma porção territorial pode vir a receber, de forma a mitigar ou diluir em escalas mais amplas os impactos negativos do turismo, tomando como base para o manejo as fragilidades ambientais e as possibilidades de visitação (Lobo, 2008:383).

A identificação da capacidade de carga depende da investigação de parâmetros ambientais em condições naturais, bem como de sua resposta às visitas monitoradas – preferencialmente antes da abertura da caverna como produto turístico –. Depende também das interferências naturais do ambiente externo no interno, em contraste com as alterações causadas pela presença humana (Fernández-Cortés et al., 2006a). Estas relações de causa e efeito podem variar, levando-se em conta os diferentes níveis de troca de massa e energia nos sistemas subterrâneos (Heaton, 1986; Hoyos et al., 1998; Cigna & Burri, 2000; Calaforra et al., 2003). Por outro lado, em muitos casos, é impossível conhecer as condições ambientais naturais de uma caverna, já que os estudos são realizados, em sua maioria, após o início da visitação (Calaforra et al., 2003). Por este e

outros motivos, normalmente é impossível definir um número máximo exato de visitantes em um determinado lugar, de modo que a capacidade de carga acaba sendo usada para satisfazer as necessidades de planejamento e gestão, mas nem sempre à conservação ambiental (Cigna & Burri, 2000). Nestes casos, pode-se dizer que a capacidade de carga corresponde ao número máximo de pessoas que o ambiente pode suportar, em função das intervenções realizadas e convenções de gestão adotadas (Cigna & Forti, 1989).

Os métodos de capacidade de carga são centrados no meio físico, com raras exceções de uso de aspectos do meio biótico na modelagem numérica adotada (Lobo, 2008). A maioria das metodologias conhecidas é de origem descritiva, sem levar em conta a importância da estrutura e distribuição da fauna em seus modelos de avaliação (Silva & Ferreira, 2009). Mas é importante que a identificação da capacidade de carga de uma caverna seja baseada em estudos multidisciplinares, e não somente em parâmetros do meio físico (Hoyos et al., 1998; Boggiani et al., 2007). Por outro lado, a maioria dos trabalhos consultados (e.g. Cigna & Forti, 1989; Pulido-Boch et al., 1997; Hoyos et al., 1998; Cigna & Burri, 2000; Cigna, 2002; Calaforra et al., 2003; Fernández-Cortés et al., 2006a, b; Boggiani et al., 2007; Lobo, 2008; Russell & McLean, 2008) apontam a necessidade do monitoramento climático como estudo mínimo para a identificação da capacidade de carga em cavernas, dado que a alteração em parâmetros atmosféricos, como a temperatura e a umidade relativa do ar, pode gerar consequências para o meio físico e para a fauna.

Além dos aspectos ambientais, também é preciso considerar a capacidade de carga perceptiva, ou seja, o limite aceitável de uso de modo que o excesso de pessoas não interfira na qualidade da atividade realizada (Papageorgiou & Brotherton, 1999; Doorne, 2000). Esta questão é essencialmente importante no caso das cavernas, dado seu maior confinamento espacial que, por vezes, restringe bastante o espaço disponível para o uso humano.

Muito embora, em termos conceituais, a capacidade de carga já esteja estabelecida, até o presente não foi identificado um procedimento padrão para a identificação

deste valor numérico inicial que serve de base para um programa de monitoramento ambiental (Lobo, 2008), existindo diversos métodos aceitos e praticados em escalas locais, regionais ou continentais, os quais dependem também das características da caverna e tipo de visitação turística.

Na presente análise, a partir dos estudos já publicados, foram observadas três correntes distinguíveis: o controle baseado em parâmetros ambientais, o uso do coeficiente de rotatividade e o método de Cifuentes, desenvolvido para o manejo de trilhas e aplicável com certas limitações em roteiros de cavernas.

O controle dos parâmetros ambientais

Em cavernas que abrigam vestígios arqueológicos, como pinturas rupestres (e.g. Pulido-Bosch et al., 1997), ou em outras onde existem minerais raros em seu interior cuja estabilidade dependa do meio atmosférico (e.g. Fernández-Cortés et al., 2006b), é imprescindível o controle das variações ambientais em função da visitação ou até mesmo a restrição total ao uso público. Na maioria dos casos, os parâmetros ambientais mais utilizados são os atmosféricos, dada a facilidade de monitoramento por meio de soluções tecnológicas e a possibilidade de identificação de mecanismos de causa e efeito, relacionando a presença humana à variação identificada.

Um primeiro exemplo pode ser visualizado no trabalho de Hoyos et al. (1998), que determinaram um limite numérico de 32 pessoas simultaneamente dentro da cueva Candamo, na Espanha, em função dos impactos na temperatura do ar. Os autores postulam que as variações causadas pela visitação humana na temperatura do ar não devem exceder à amplitude natural de variação deste parâmetro, no caso, de 0,5° C. Princípio semelhante foi utilizado por Calaforra et al. (2003) na cueva del Agua de Iznalloz, Espanha. Os autores chegaram a um limite de 53 visitas simultâneas dentro da caverna, que geram alterações da ordem de 0,1° C na temperatura ambiente.

Em um último exemplo, no geodo gigante de Pulpi, também na Espanha, Fernández-Cortés et al. (2006b) explicaram a inviabilidade de sua visitação, não somente pelos impactos

diretos de pisoteio nos cristais de gipsita, mas também pela grande probabilidade de aumento nas taxas de condensação de vapor d'água na superfície dos espeleotemas, podendo levar à corrosão por condensação – conforme explicado nos trabalhos de Sarbu & Lascu (1997), Freitas & Schmekal (2003) e Dreybrodt et al. (2005), entre outros. Os autores constataram que apenas três pessoas, em menos de dez minutos, já são suficientes para acionar este mecanismo de condensação. Além disso, o tempo de normalização dos parâmetros atmosféricos excede um período de 24 horas, inviabilizando, desta forma, a visita constante.

No Brasil, foram realizados monitoramentos atmosféricos em cavidades naturais com o objetivo de contribuir para o fluxo de visita, como as grutas do Lago Azul e Nossa Senhora Aparecida, em Bonito, MS (Boggiani et al. 2007) e as grutas do Chapéu (Sgarbi, 2003) e Santana (Scaleante, 2003), localizadas no PETAR. Em ambos os casos, os parâmetros atmosféricos não foram utilizados para a definição da capacidade de carga de visita. Em Bonito, por conta da variação natural relativamente alta da temperatura ambiente e umidade relativa do ar. No PETAR, por conta do curto período de monitoramento contínuo, impossibilitando o conhecimento amplo do sistema atmosférico subterrâneo das cavernas pesquisadas.

Outra característica associada a estes métodos é o uso constante de procedimentos estatísticos na análise dos resultados, como a análise de séries temporais com base na estatística descritiva (Pulido-Bosch et al., 1997; Hoyos et al., 1998; Boggiani et al., 2007), em transformadas de Fourier e análise espectral (Mangin et al., 1999; Calaforra et al., 2003; Fernández-Cortés et al., 2006a), geoestatística com superfícies de tendência (Fernández-Cortés et al., 2006a; Lobo & Zago, 2009) e coeficientes de correlação (Liñán et al., 2008; Lobo et al., 2009a).

A dificuldade gerada por este tipo de controle, sob a ótica da viabilidade econômica do turismo, é a excessiva limitação imposta ao número diário de visitantes. Como não são aceitas variações de nenhuma ordem nos parâmetros mensurados – com ênfase na temperatura ambiente, umidade relativa do ar e gás carbônico – e se adotam escalas demasiadamente ínfimas de análise, com um

pequeno número de pessoas já se atinge a suposta capacidade de carga do ambiente. A adoção deste nível de restrição se deve à inerente dificuldade de identificar, prever e mitigar as complexas relações denexo causal entre a presença humana e possíveis alterações em um ambiente confinado, estável e com uma dinâmica de fluxo relativamente baixa – se comparado ao meio externo.

O coeficiente de rotatividade

O coeficiente de rotatividade é a forma mais simplificada de controle de visita, também utilizada em cavernas. Sua essência se baseia na identificação da quantidade de pessoas que podem ocupar, simultaneamente, uma determinada superfície espacial em função do número de vezes que um determinado evento de visita pode ocorrer. Este valor pode ser obtido conhecendo-se o tempo total disponível para o uso do espaço sob análise e o tempo efetivamente gasto para se cumprir o percurso determinado. Em suma, trata-se de uma relação básica de disponibilidade espacial e temporal.

Esta forma de identificar os limites de visita ainda é a mais utilizada no Brasil. A maioria das cavernas abertas ao uso público no país toma por base o tempo disponível para a visita, o tempo utilizado para cumprir o roteiro pré-estabelecido e a distância percorrida, em metros lineares, no circuito de visita previamente estabelecido. Nenhum parâmetro ou fator limitador do ambiente é usado para determinar o total de visitantes. O máximo que se aplica são propostas de aumento do intervalo de tempo entre os grupos de visita – o que torna o valor final mais restritivo, portanto, calcado em princípios de precaução – em conjunto com uma técnica cada vez mais empregada, conhecida como zoneamento ambiental. Trata-se de um parcelamento do espaço subterrâneo por meio da criação de categorias de manejo, que variam entre opções extremamente restritivas e outras mais permissivas quanto ao uso antrópico. Todavia, além dessa técnica de manejo ter sido concebida para áreas amplas como unidades de conservação – cuja realidade difere em muito de uma caverna –, muitas vezes este zoneamento é baseado em critérios perceptivos, sem estudos mais detalhados sobre os aspectos ambientais do ambiente subterrâneo. A grande deficiência

desta forma de obtenção de limites de visitação   que, muitas vezes, o potencial de uso de uma caverna pode ser sub ou superestimado. Sem o conhecimento e uso de qualquer critério ou parâmetro ambiental – biótico ou abiótico – torna-se praticamente impossível identificar os reais limites de uso de uma caverna. Todavia, ainda assim podem ser identificados bons exemplos.

O primeiro deles remete ao trabalho de Lobo (2009), cuja metodologia foi aplicada na elabora o do plano de manejo espeleológico de trinta cavernas no Estado de São Paulo. Neste caso, a metodologia propôs a utiliza o de cenários de visita o, que eram definidos   luz de um diagnóstico de uso público em conjunto com um levantamento de potencialidades espeleotur sticas. Os cenários eram definidos em escalas – número máximo de pessoas por grupo – e intensidade – número total de visitas diárias – de visita o. Em um processo de análise integrada, os cenários eram confrontados com mapas de fragilidade de cada caverna, o que permitia, ao final da discussão, estabelecer o zoneamento ambiental espeleológico e a sua respectiva capacidade de carga provisória.

Outro bom exemplo, também desenvolvido no Brasil,   bastante útil para o manejo de cavernas verticais. No caso do abismo Anhumas, localizado em Bonito-MS, o limite de visita o   estabelecido em fun o da dificuldade técnica e do tempo utilizado para se superar os 72 m de desnível na entrada, tanto para entrar quanto para sair, bem como pelo tempo gasto para a flutua o no lago em seu interior. Nesse caso, os limites de visita o obtidos são tão baixos (18 pessoas por período do dia, conforme informado em Costa Júnior, 2004) e a caverna   tão ampla, de forma a deixar claro que, pela  tica da conserva o ambiental, seguramente mais pessoas poderiam adentr -la em um mesmo dia. Além disso, o abismo Anhumas possui um estudo de zoneamento ambiental que leva em conta as fragilidades da caverna, não se atendo a uma visão meramente perceptiva sobre possíveis problemas causados pela visita o.

A capacidade de carga de Cifuentes

A capacidade de carga de Miguel Cifuentes Arias   um método publicado em 1992 e republicado com pequenas adapta es

em 1999 (Cifuentes-Arias, 1992; Cifuentes-Arias et al., 1999). Foi originalmente concebido para o manejo de trilhas em áreas de florestas tropicais na Costa Rica. A primeira adapta o conhecida deste método para uso em cavernas foi feita para a gruta do Lago Azul, em Bonito-MS, em 1999 (publicada em Boggiani et al., 2001, 2007). Outros exemplos foram identificados na caverna Terciopelo, na Costa Rica (Carranza et al., 2006) na caverna Santana (Lobo, 2005, 2008) e na gruta do Morro Preto em um evento musical (Lobo et al., 2009a), ambas no PETAR.

O método   dividido em três etapas. Na primeira, chamada de Capacidade de Carga Física (CCF), identifica-se o coeficiente de rotatividade do roteiro de visita o estipulado. Na segunda, a Capacidade de Carga Real (CCR), são inseridos Fatores de Corre o (FCs) – situa es-problema acerca das fragilidades do ambiente e aspectos que dificultam a visita o – por meio de um  ndice de cáculo, que   aplicado   CCF, reduzindo-a percentualmente e de modo cumulativo. Na última fase, a Capacidade de Carga Efetiva (CCE), o total de visitantes da CCR   mantido ou reduzido, de acordo com a capacidade de manejo – desejada e existente – do órgão gestor responsável pelo roteiro em estudo.

Na gruta do Lago Azul foram utilizados como FCs principalmente aspectos de ordem antrópica, como a dificuldade de acesso do roteiro. Estudos microclimáticos foram realizados na caverna, mas não foram utilizados no cáculo devido   própria dinâmica atmosférica de grande troca gasosa entre o meio subterrâneo e o ambiente externo. Na gruta Terciopelo foi utilizado um FC sobre a fragilidade dos espeleotemas – embora os autores não expliquem quais os critérios utilizados para se determinar esse parâmetro. Na caverna de Santana, além de um FC de ordem antrópica ligado ao conforto na visita o, utilizou-se a proposta de Lobo & Zago (2007) com base no conceito de Heaton (1986) para os níveis de circula o de energia da caverna.

Dois problemas podem ser sumariamente identificados nessa metodologia. O primeiro deles   que a concep o metodológica original   aplicável a trilhas em florestas tropicais, carecendo de uma adapta o em praticamente todos os FCs sugeridos (chuva, insola o, erosão, conforto

social, grau de dificuldade, exposição radicular das plantas etc). O segundo problema consiste na própria sistemática de cálculo adotada, que sobrepõe os FCs entre si gerando uma redução drástica e injustificada na CCR. Neste caso, sugere-se a hierarquização dos fatores de correção, aplicando apenas o maior fator limitante – o gargalo de visitação – à CCF. Desta forma, seria possível testar os limites estipulados em função da variável limitante.

Novas perspectivas em capacidade de carga espeleoturística

A capacidade de carga espeleoturística ainda apresenta grandes desafios para pesquisadores, planejadores e gestores ambientais, em busca de formas adequadas de manejo dos sistemas subterrâneos que contemplem as necessidades de conservação da geodiversidade e da biodiversidade em conjunto com o uso economicamente viável. Para tanto, três novas fronteiras são pontuadas neste trabalho, de modo a contribuir, por meio de apontamentos e questionamentos, com a continuidade das pesquisas sobre o tema.

A primeira questão tem seu enfoque centrado na necessidade de ampliação dos estudos de capacidade de carga com base em parâmetros bióticos. Mesmo fora de cavernas, foram encontrados bons exemplos de uso de fatores limitantes com base em estudos do substrato rochoso e dos solos (e.g. Takahashi et al., 2005; Rocha et al., 2007) e, por vezes, do estado de conservação da fauna e da flora (e.g. Cifuentes-Arias et al., 1999; Gualtieri-Pinto et al., 2007). Neste último caso, bem como em outros do mesmo gênero, as limitações se restringem à exposição de raízes em trilhas e, por vezes, ao dano físico, como quebra de galhos de árvores e arbustos ou supressão de vegetação rasteira pelo pisoteamento constante. Essa questão se encerra em si no caso de cavernas, onde a existência de vegetação se limita a algumas cavidades localizadas em áreas florestadas e, ainda assim, somente nas proximidades de seus pórticos e clarabóias. São casos especiais, como por exemplo, grande parte da gruta do Janelão (Figura 1a), no PARNA Vale do Peruaçu, em Minas Gerais ou da gruta do Temimina II, no PETAR, em São Paulo. Nestes casos, muitas vezes será necessário adotar parâmetros da capacidade de carga em trilhas para o manejo da caverna, ao invés de

métodos específicos focados nas particularidades do meio subterrâneo.

Todavia, aspectos como a reprodução, a mobilidade, a abundância, a diversidade ou a singularidade da fauna, entre outros fatores e variáveis, são pouco estudados sob a ótica do manejo e de suas inter-relações com o uso público. Este enfoque, necessário para o adequado uso das cavernas, ainda inicia seus primeiros passos.

Um exemplo positivo vindo do exterior foi identificado na Austrália. Doran et al. (1999) relatam a possibilidade de uso de uma aranha – *Hickmania troglodites* – como espécie indicadora para o manejo do ambiente cárstico, dado o seu alto potencial de resposta às diversas fontes de perturbação antrópica. No Brasil também foram observadas algumas tentativas de manejo e capacidade de carga com o uso de aspectos bióticos. Silva & Ferreira (2009), em seu trabalho sobre a gruta de Ubajara, no Ceará, pontuam duas limitações interessantes: a) diminuição no tempo de permanência dos turistas no interior da cavidade; e b) redução do total de pessoas por grupo, que chegava a trinta pessoas e foi estipulado em 12. Os autores ressaltam que estas são determinações preliminares, que devem ser corroboradas ou até mesmo revistas por estudos mais aprofundados. Em outro caso, no Estado de São Paulo, o método ZAE (Lobo, 2009) apresenta indicadores temáticos de fragilidade, por meio de índices numéricos que variam entre 0 e 100%. Em sua aplicação, os valores de fragilidade de fauna não chegaram a ser usados de forma matemática na redução do cenário de visitação proposto, mas ainda assim foram considerados por meio de uma discussão entre especialistas em uma oficina. Assim, cavernas como a Espírito Santo, localizada no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – PETAR –, foram fechadas ao uso turístico, dado que o índice de fragilidade de fauna para a cavidade era de 100%, em função da existência de diversas espécies troglóbias em seu interior (Lobo et al., 2009b).

A segunda questão remete à necessidade premente de considerar aspectos de sazonalidade na capacidade de carga. Estes podem estar relacionados a períodos de movimentação ou reprodução de espécies bem como ao regime climático.

Exemplos da fauna auxiliam a ilustrar esta questão. Na Inglaterra, Shirley et al. (2003) pesquisaram a relação entre a realização de eventos culturais musicais em cavernas e a presença de uma colônia de morcegos *Myotis daubentonii*. Neste estudo, é indicada a necessidade de limitar a música em determinados horários, fora do período de saída e retorno dos morcegos da caverna, para evitar que sejam afugentados. Para a gruta do Ouro Grosso, também no PETAR, o período de reprodução e posterior dispersão da prole do opilião *Serracutisoma spelaeum* (Figura 1b) foi decisivo na limitação sazonal de sua capacidade de carga, que foi delimitada em 320 visitas diárias entre os meses de outubro e abril e 180 visitas diárias entre maio e setembro. Além disso, os grupos de turistas devem sair da caverna até as 16:00h, de forma a evitar a passagem na estreita boca em horário de saída de opiliões e morcegos, que vão buscar alimento no meio externo quando o sol se põe (Lobo et al., 2009b).

Outro aspecto sazonal importante é o clima. A sua variação durante o ano condiciona uma série de situações que podem interferir na gestão de um roteiro espeleoturístico, como a variação no período luminoso do dia e a incidência de chuvas. Na gruta de São Miguel, em Bonito-MS, a capacidade de carga diminui no inverno, indo de 285 para 255 visitas diárias, dado que a luz natural é menor e prejudica o aspecto cênico da trilha de acesso (Lobo & Moretti, 2009). No mesmo destino, em alguns dias a gruta do Lago Azul é fechada ao uso público, dado que o excesso de chuvas torna o piso íngreme da caverna mais escorregadio e perigoso – fator este que foi considerado em sua capacidade de carga (Boggiani et al., 2007). Situação semelhante pode ser observada na caverna Santana, no PETAR, que em dias de chuva excessiva, tem a galeria do rio alagada, tornando o acesso mais perigoso e menos confortável (Figuras 1c e 1d). Nesta mesma caverna, dados preliminares de pesquisa em andamento¹ demonstram que existem variações nas trocas gasosas entre o ambiente interno e externo, o que pode gerar diferenças na dispersão de

impactos higrótérmicos da presença humana e, por consequência, em uma capacidade de carga com base microclimática. Em outra caverna da região, a Casa de Pedra, o acesso foi limitado ao período de estiagem, dado o eminente risco de alagamento em seu interior, em função do caudaloso rio que a atravessa.

Sem dúvida, os aspectos sazonais se constituem em desafios para a gestão, pois com estes critérios, os resultados de capacidade de carga de uma caverna serão diferentes para cada época do ano, o que leva a necessidade de maior controle e de uma divulgação focada em períodos específicos. Assim, um sistema de controle e reserva de roteiros que permita a distribuição do fluxo turístico, que é desejável em qualquer situação, é fundamental nestes casos.

Considerações finais

Com base nos exemplos observados no Brasil e no exterior, conclui-se que até o presente não é possível classificar em níveis de qualidade dos resultados as diferentes formas de capacidade de carga em cavernas. Cada uma delas se presta a uma determinada situação, sendo fruto de uma série de aspectos da fragilidade do ambiente e da capacidade de gestão dos órgãos envolvidos.

Para algumas situações o coeficiente de rotatividade, o zoneamento com base no roteiro de visita ou o método de Cifuentes são suficientes para o ordenamento inicial do uso espeleoturístico. Ainda que baseadas apenas em aspectos tempo-espaciais e nas necessidades dos visitantes, técnicas como estas devem ser utilizadas para a obtenção de limites temporários de uso, que podem ser refinados a partir da realização de estudos técnico-científicos mais aprofundados.

Nas cavernas de maior complexidade morfofisiográfica, microclimática e biótica, bem como quando da existência de aspectos de extrema fragilidade – como pinturas rupestres ou minerais raros – torna-se imprescindível o uso de métodos mais focados nas limitações ao uso público com base no monitoramento de variáveis e indicadores ambientais. Neste caso, cabe o uso da definição da capacidade de carga por meio de um parâmetro ambiental de controle – na maioria dos casos, a temperatura do ar, mas existem exceções –, considerando, ao invés do impacto zero, a

¹ Microclimatologia e Geoespeleologia da caverna Santana (PETAR, Iporanga-SP): Subsídios Para o Manejo Turístico. Doutorado em Geociências e Meio Ambiente, IGCE-UNESP, Rio Claro-SP. Doutorando: Heros Augusto Santos Lobo. Orientadores: Dr. José Alexandre de Jesus Perinotto e Dr. Paulo César Boggiani.

variação dentro da amplitude natural do parâmetro em função de uma escala temporal a ser estipulada – diária, semanal ou mensal, por exemplo.

É importante também pontuar que existem sutis diferenças entre a capacidade de carga como procedimento de gestão e a pesquisa científica sobre o tema. Muitas vezes, os limites de uso estipulados para uma caverna estarão muito aquém – ou em alguns casos, além – das reais possibilidades para o ambiente. Isto porque, na maioria das vezes, o que se deseja enquanto prática é um turismo que permita maior contato com a natureza, o que vai de encontro à ideia de grandes aglomerações humanas. Assim, os limites de gestão e de capacidade de suporte perceptiva podem até mesmo mascarar o possível nexo causal entre presença humana e alteração no

ambiente. De fato, apenas um monitoramento de parâmetros ambientais selecionados a cada caso, por um período temporal mais amplo – um a dois anos no mínimo, conforme sugerem autores como Cigna (2002) e Boggiani et al. (2007) – que possibilitará a obtenção de respostas mais precisas acerca dos impactos gerados pela visitação.

Por fim, ressalta-se que a capacidade de carga deve ser encarada de forma flexível e mutável, dada a ineficiência de se estipular quantidades fixas de uso em função das flutuações de pressão e de perfil da demanda e da própria sazonalidade temporal do ambiente. Cabe lembrar que a natureza é mutável, se renova e se altera constantemente. Estabelecer um valor fixo na relação com o meio implica em negligenciar este princípio fundamental e universal.

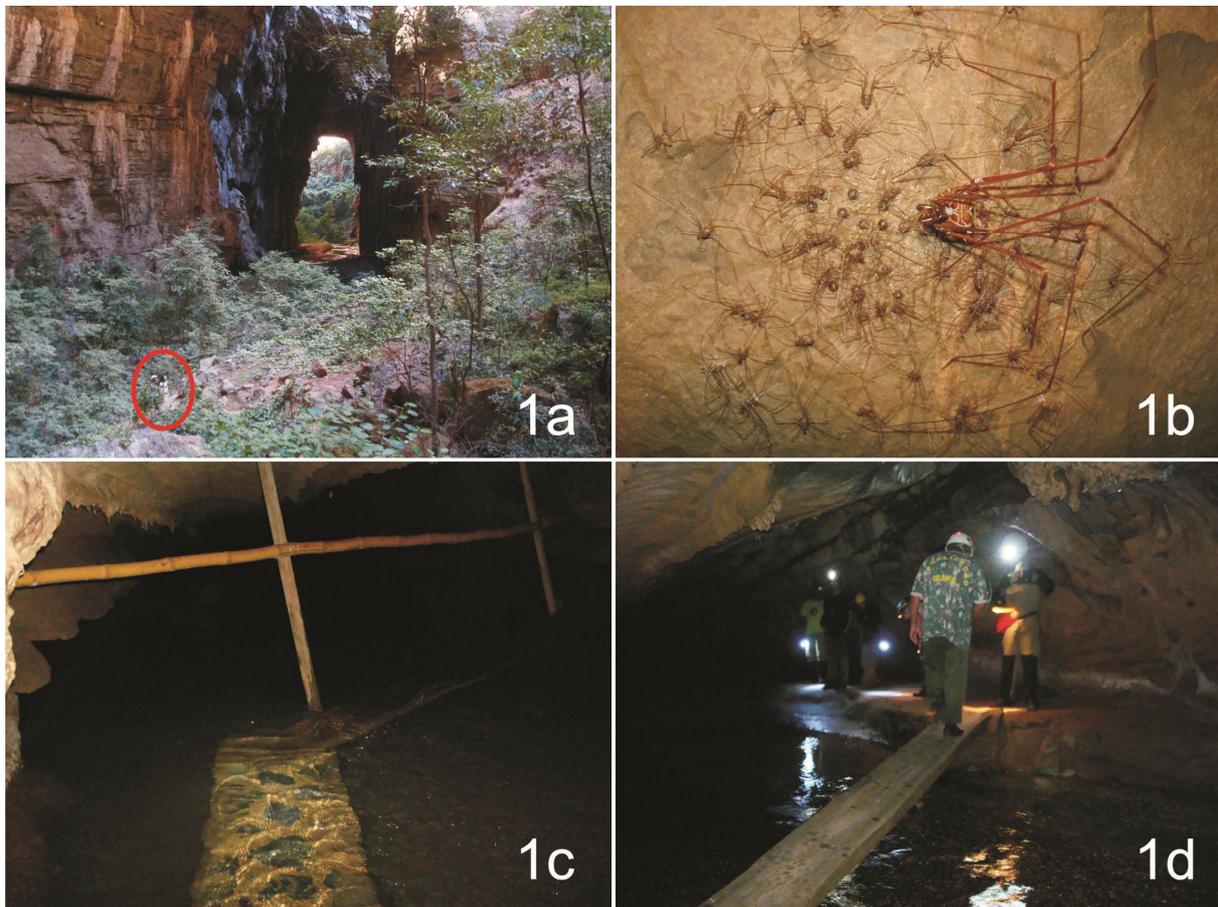


Figura: 1a – vista parcial da gruta do Janelão, ilustrando a vegetação em seu interior na parte iluminada. O círculo destaca duas pessoas como escala. Neste caso, os parâmetros de capacidade de carga devem ser semelhantes aos usados em trilhas em florestas; **1b** – *S. spelaenum* cuidando de prole, na gruta do Ouro Grosso. O período de reprodução e posterior dispersão da prole foi fundamental para a capacidade de carga da caverna; **1c** – Foto de uma das passarelas que atravessam o rio Roncador, interior da caverna Santana, tirada no dia 17.out.2009, no período da tarde, após chuvas moderadas ocorridas no dia anterior. A foto **1d**, tirada no dia 09.abr.2008, ilustra a vazão habitual de água do rio. Em muitos casos, os alagamentos temporários interferem na capacidade de carga e na gestão dos roteiros espeleoturísticos. Fotos: Heros A. S. Lobo.

Referências

- Boggiani, P.C., Galati, E.A.B., Damasceno, G.A., Nunes, V.L.B., Shirakawa, M.A., Silva, O.J., Moracchioli, N., Gesicki, A.L.D., Ribas, M.M.E., Marra, R.J.C. & Sousa, B.P.C. de. 2001. Environmental diagnostics as a toll for the planning of tourist activity – The case of Lago Azul and Nossa Sra. Aparecida caves – Bonito/MS – Brazil. In: International Congress Of Speleology, 13, Brasília. *Proceedings*. p. 299-300.
- Boggiani, P.C., Silva, O.J. da, Gesicki, A.L.D., Gallati, E.A.B., Salles, L. de O. & Lima, M.M.E.R. 2007. Definição de capacidade de carga turística das cavernas do Monumento Natural Gruta do Lago Azul (Bonito,MS). *Geociências*, 26(4):333-348.
- Calaforra, J.M., Fernández-Cortés, A., Sánchez-Martos, F., Gisbert, J. & Pulido-Bosch, A. 2003. Environmental control for determining human impact and permanent visitor capacity in a potential show cave before tourist use. *Environmental Conservation*, 30(2):160-167.
- Carranza, G.Q., Fernández, I.B., Porras, J.J., Casco, M.E., Arana, I.G., Mahecha, S.L. & Céspedes, J.V. 2006. *Estudio de capacidad de carga para la caverna Terciopelo en el Parque Nacional Barra Honda*. San José, UED, 2006. Proyecto Final de Avances en Conservación Biológica, Mestrado en Manejo de Recursos Naturales, Universidad Estatal a Distancia. 43 p.
- Cifuentes-Arias, M.C. 1992. *Determinación de capacidad de carga turística en áreas protegidas*. CATIE, Turrialba.
- 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. 1999. *Capacidad de carga turística de las áreas de uso público del Monumento Nacional Guayabo, Costa Rica*. CATIE/WWF, Turrialba. 99 p.
- Cigna, A.A. 2002. Modern trend in cave monitoring. *Acta Carsologica*, 31(1):35-54.
- Cigna, A.A. & Forti, P. 1989. The environmental impact assessment of a tourist cave. In: Cave Tourism International Symposium at-170 Anniversary of Postojnska Jama, Postojna (Yugoslavia), Postojna. *Proceedings*. 29-38.
- Cigna, A.A. & Burri, E. 2000. Development, management and economy of show caves. *International Journal of Speleology*, 29(1):1-27.
- Costa Júnior, E.P.D. 2004. *Abismo Anhumas (MS 04): Plano de manejo espeleológico*. Anhumas, Bonito.
- Doorne, S. 2000. Caves, culture and crowds: carrying capacity meets consumer sovereignty. *Journal of Sustainable Tourism*, 8(2):116-130.
- Doran, N.E., Kiernan, K., Swain, R. & Richardson, A.M.M. 1999. *Hickmania troglodytes*, the Tasmanian cave spider, and its potential role in cave management. *Journal of Insect Conservation*, 3:257-262.
- Dreybrodt, W., Gabrovsek, F. & Perne, M. 2005. Condensation corrosion: A theoretical approach. *Acta Carsologica*, 34(2):317-348.
- Fernández-Cortés, A., Calaforra, J.M. & Sánchez-Martos, F. 2006a. Spatiotemporal analysis of air conditions as a tool for the environmental management of a show cave (Cueva del Agua, Spain). *Atmospheric Environment*, 40:7378-7394.
- Fernández-Cortés, A., Calaforra, J.M., Sánchez-Martos, F. & Gisbert, J. 2006b. Microclimate processes characterization of the giant geode of Pulpí (Almería, Spain): Technical criteria for conservation. *International Journal of Climatology*, 26:691-706.
- 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*, 23:557-575.
- Gualtieri-Pinto, L., Zica, L.M. de B., Zago, R.S.G. & Figueiredo, M. do A. 2007. Aspectos do pisoteio experimental na vegetação nas bordas de uma trilha ecoturística do Parque Nacional Serra do Cipó, MG. In: Congresso Nacional de Ecoturismo, 1, Itatiaia. *Anais*.
- Heaton, T. 1986. Caves: a tremendous range in energy environments on earth. *National Speleological Society News*, 8(44): 301-304.
- Hoyos, M., Soler, V., Cañaveras, J.C., Sánchez-Moral, S. & Sanz-Rubio, E. 1998. Microclimatic characterization of a karstic cave: Human impact on microenvironmental parameters of a prehistoric rock art cave (Candamo cave, Northern Spain). *Environmental Geology*, 33(4):231-242.
- Liñán, C., Vadillo, I. & Carrasco, F. 2008. Carbon dioxide concentration in air within the Nerja cave (Malaga, Andalusia, Spain). *International Journal of Speleology*, 37(2):99-106.

- Lobo, H.A.S. 2005. Considerações preliminares para a reestruturação turística da caverna de Santana – PETAR, Iporanga, SP. In: Congresso Brasileiro de Espeleologia, 28, Campinas. *Anais*. p. 77-87.
- Lobo, H.A.S. 2007. Os níveis de circulação de energia como fator de correção na capacidade de carga turística. In: Encontro Brasileiro de Estudos do Carste, 2, São Paulo. *Resumos Expandidos e Simples*. p. 107-112.
- Lobo, H.A.S. 2008. Capacidade de carga real (CCR) da caverna de Santana, PETAR-SP e indicações para o seu manejo turístico. *Geociências*, 27(3): 369-385.
- Lobo, H.A.S. 2009. Zoneamento Ambiental Espeleológico (ZAE): Aproximação teórica e delimitação metodológica. *Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas*, 2(2):113-129.
- Lobo, H.A.S. & Zago, S. 2007. Classificação dos níveis de circulação de energia no circuito turístico da Caverna de Santana – PETAR – Iporanga, SP. In: Encontro Brasileiro de Estudos do Carste, 2, São Paulo. *Resumos expandidos e simples*.
- Lobo, H.A.S. & Moretti, E.C. 2009. Tourism in caves and the conservation of the speleological heritage: The case of Serra da Bodoquena (Mato Grosso do Sul State, Brazil). *Acta Carsologica*, 38(2/3):265-276.
- Lobo, H.A.S. & Zago, S. 2009. Iluminação com carbureteiras e impactos ambientais no microclima de cavernas: Estudo de caso da lapa do Penhasco, Buritinópolis-GO. *Geografia*, 34(3): No prelo.
- Lobo, H.A.S., Perinotto, J.A. de J. & Boggiani, P.C. 2008. Espeleoturismo no Brasil: Panorama geral e perspectivas de sustentabilidade. *Revista Brasileira de Ecoturismo*, 1(1): 62-83.
- Lobo, H.A.S., Perinotto, J.A. de J., Boggiani, P.C. & Zago, S. 2009a. Eventos musicais causam impactos no microclima de cavernas? Avaliação das alterações na atmosfera subterrânea da gruta Morro Preto (PETAR, Iporanga-SP). *Geonomos*, 17(1):01-10.
- Lobo, H.A.S., Rodrigues, D., Laterza, F.V., Sampaio, D.S., Gonzales, D. & Slavec, G. 2009b. *Relatório operacional da oficina de zoneamento ambiental espeleológico*. Ekos Brasil, São Paulo. 62 p.
- Mangin, A., Bourges, F. & d'Hulst, D. 1999. La conservation des grottes ornées: Un problem de stabilité d'un système naturel (L'exemple de la grotte préhistorique de Gargas, pyrénées françaises). *Earth & Planetary Sciences*, 328:295-301.
- Papageorgiou, K. & Brotherton, I. 1999. A management planning framework based on ecological, perceptual and economic carrying capacity: The case study of Vikos-Aoos National Park, Greece. *Journal of Environmental Management*, 56:271-284.
- Pulido-Bosch, A., Martín-Rosales, W., López-Chicano, M., Rodríguez-Navarro, M. & Vallejos, A. 1997. Human impact in a tourist karstic cave (Aracena, Spain). *Environmental Geology*, 31(3-4):142-149.
- Rocha, C.H.B., Fontoura, L.M., Simiqueli, R.F. & Peccatiello, A.F.O. 2007. Análise ambiental da capacidade de carga antrópica nas trilhas dos circuitos das águas e pico do pião – Parque Estadual do Ibitipoca, MG. In: Congresso Nacional de Ecoturismo, 1, Itatiaia. *Anais*.
- Russell, M.J. & MacLean, V.L. 2007. Management issues in a Tasmanian tourist cave: Potential microclimatic impacts of cave modifications. *Journal of Environmental Management*, 87:474-483.
- Sarbu, S.M. & Lascu, C. 1997. Condensation corrosion in Movile cave, Romania. *Journal of Cave and Karst Studies*, 59(3):99-102.
- Scaleante, J.A.B. 2003. *Avaliação do impacto de atividades turísticas em cavernas*. UNICAMP, Campinas. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas.
- Sgarbi, M. 2003. *Metodologia de manejo em cavernas para minimização de impactos ambientais decorrentes de atividade antrópica: estudo de caso Gruta do Chapéu & Caverna Santana, Parque Estadual do Alto do Ribeira / SP*. UMC, Mogi das Cruzes. Relatório de Iniciação Científica, Universidade de Mogi das Cruzes.
- Shirley, M.D.F., Armitage, V.L., Barden, T.L., Gough, M., Lurz, P.W.W., Oatway, D.E., South, A.B. & Rushton, S.P. 2001. Assessing the impact of a music festival on the emergence behaviour of a breeding colony of daubenton's bats (*Myotis daubentonii*). *Journal of Zoology*, 254(3):367-373.

- Silva, M.S. & Ferreira, R.L. 2009. 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*, 9(1):59-71.
- Song, L., Wei, X. & Liang, F. 2000. The influences of cave tourism on CO₂ and temperature in Baiyun cave, Hebei, China. *International Journal of Speleology*, 29:77-87.
- Takahashi, L.Y., Milano, M.S. & Tormena, C.A. 2005. Indicadores de impacto para monitorar o uso público no Parque Estadual Pico do Marumbi – Paraná. *Revista Árvore*, 29(1):159-167.



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

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