

**CAPACIDADE DE CARGA ESPELEOTURÍSTICA NO BRASIL:  
ESTADO-DA-ARTE E TENDÊNCIAS<sup>1</sup>***SPELEOTOURIST CARRYING CAPACITY IN BRAZIL: STATE-OF-ART AND TRENDS***Heros Augusto Santos LOBO\*** - [heroslobo@hotmail.com](mailto:heroslobo@hotmail.com)**Paulo César BOGGIANI\*\*****José Alexandre de Jesus PERINOTTO\*\*\***

\* Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente – UNESP/Rio Claro-SP / União Paulista de Espeleologia – UPE.

\*\* Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental – Instituto de Geociências – IGc/USP.

\*\*\* Departamento de Geologia Aplicada – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE/UNESP – Rio Claro-SP.

**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 Europe and Costa Rica examples for any comparisons with Brazilian caves. Three main approaches were found for the management of tourist caves: 1) control of the environmental parameters, generally the air, especially air temperature, 2) coefficient of rotativity, and 3) carrying capacity, as proposed by Miguel Cifuentes Arias. Only the latter two are used in Brazil. It was concluded that limitations in time and space, such as used by the proposals of coefficient of rotativity and environmental zoning, popular in Brazil, are only preliminary steps for the definition of the carrying capacity of a cave. In the long run, as well as for cases of greater complexity, the carrying capacity should be studied more profoundly, although in contrast to what is proposed by Cifuentes, the overlap of problem situations proposed by the author should be ignored, since these invariably alter the relation between cause and effect in the visitation of tourists in caves, making it impossible to effectively identify the environmental carrying capacity.*

**Introdução**

Em todo o território brasileiro, existem menos de 200 cavernas que, reconhecidamente, apresentam algum tipo de visitação turística, com ou sem regulamentação. Destas, apenas quarenta apresentam algum tipo de controle diário de visitação (LOBO et al., 2008).

A capacidade de carga em cavernas é um procedimento de manejo do ambiente que visa identificar um limite aceitável 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 (1993), Pulido-Bosch et al. (1997), Hoyos et al. (1998), Song et al. (2000), Calaforra et al. (2003) e Fernández-Cortés et al. (2006). 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 análises sobre os estudos relacionados aos

limites físico-espaciais para o turismo em cavernas brasileiras, bem como as tendências das pesquisas atuais feitas pelos autores sobre capacidade de carga espeleoturística.

**Metodologia**

Os métodos de investigação se basearam em levantamentos secundários. Foram identificados exemplos de cálculos de capacidade de carga em cavernas situadas na Europa e Costa Rica. Os procedimentos identificados nos diversos lugares estudados foram analisados de forma a identificar as principais tendências praticadas em outros países e compará-las com as propostas vigentes no Brasil.

**Resultados e discussões**

De um modo geral, a capacidade de carga em cavernas tem sido compreendida como o número máximo de pessoas que o ambiente pode suportar, em função das intervenções realizadas e convenções de gestão adotadas (CIGNA; FORTI, 1988; CIGNA, 1993; PULIDO-BOSCH et al., 1997; HOYOS et al., 1998). Nesse sentido, até o presente não foi identificado um procedimento padrão para a

identificação deste valor numérico, 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.

Focando a análise na base conceitual e nas diretrizes utilizadas para se obter um limite de visitação em cada uma das propostas metodológicas identificadas, foram observadas três correntes distinguíveis: a capacidade de carga baseada no controle de um parâmetro ambiental, o uso do coeficiente de rotatividade e o método desenvolvido pelo costarriquenho Miguel Cifuentes Arias, criado inicialmente para o manejo de trilhas e que foi adaptado para roteiros de cavernas.

### O controle dos parâmetros ambientais

Em cavernas que abrigam vestígios arqueológicos, como pinturas rupestres (p.e. PULIDO-BOSCH et al., 1997), ou em outras onde existem minerais raros em seu interior cuja estabilidade dependa do meio atmosférico (p.e. FERNÁNDEZ-CORTÉS et al., 2006), é imprescindível o controle das variações ambientais em função da visitação ou até mesmo a restrição total ao uso público. Cigna (2002) apresenta em linhas gerais os procedimentos metodológicos mais usuais para os estudos de monitoramento de parâmetros atmosféricos aplicáveis a casos como estes.

Um primeiro exemplo sobre a relação entre parâmetros ambientais e o número de visitantes pode ser dado por meio do estudo de Song et al. (2000), para a caverna Bayun, China. Os autores demonstraram as flutuações nas taxas de CO<sub>2</sub> atmosférico e na temperatura do ar em função do fluxo de visitantes, com um forte controle da estrutura física da caverna no reestabelecimento das condições naturais. Entretanto, estes autores não propõem limites de visitação face aos resultados obtidos.

Por sua vez, Hoyos et al. (1998) determinaram um limite numérico de visitantes para a Candamo Cave, na Espanha, determinando um máximo de 32 pessoas simultaneamente dentro da caverna em função da variação na temperatura do ar. Os autores postularam 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 de Pulpí, também na Espanha, Fernández-Cortés et al. (2006) 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 (e consequente corrosão) de vapor de água nestes mesmos cristais.

No Brasil, foram realizados monitoramentos atmosféricos em cavernas, como as do Lago Azul e Nossa Senhora Aparecida, em Bonito, MS (BOGGIANI et al. 2007). Mas, dada a variação relativamente alta da temperatura ambiente e umidade relativa do ar, esses parâmetros não foram utilizados para a definição da capacidade de carga de visitação.

A dificuldade gerada por este tipo de controle, sob a ótica 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 se identificar, prever e mitigar as complexas relações de nexo causal entre a presença humana e possíveis alterações em um ambiente confinado, estável e com uma dinâmica relativamente baixa – se comparado ao meio externo.

### O coeficiente de rotatividade

O coeficiente de rotatividade é a forma mais simplificada de controle de visitação, 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 visitação 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 visitação em uma caverna 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, baseado 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.

Exemplo clássico desse tipo de trabalho no Brasil são as cavernas situadas em áreas protegidas públicas do Estado de São Paulo. Nos Parques Estaduais Intervales, Turístico do Alto Ribeira (PETAR) e Caverna do Diabo, o direcionamento para os limites de visita é feito da forma como descrito acima – exceção feita à caverna de Santana, no PETAR. Método semelhante foi aplicado à gruta de São Miguel, em Bonito, MS.

A grande deficiência desta forma de obtenção de limites de visita é 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.

Uma variação deste modelo é também praticada no Brasil, quando do manejo de cavernas verticais. No caso do abismo Anhumas, localizado em Bonito-MS, o limite de visita é estabelecido em função 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 flutuação no lago em seu interior. Nesse caso, os limites de visita obtidos são tão baixos (18 pessoas por período do dia, conforme informado em Costa Júnior, 2004) e a caverna é tão ampla, de forma a deixar claro que, pela ótica da conservação ambiental, seguramente mais pessoas poderiam adentrá-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.

### A capacidade de carga de Cifuentes

A capacidade de carga de Miguel Cifuentes Arias é um método publicado em 1992 e republicado com pequenas adaptações 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 adaptação 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 identificados em cavernas foram a caverna Terciopelo, na Costa Rica (CARRANZA et al., 2006) e a caverna de Santana, no PETAR, Brasil (LOBO, 2005, 2007, 2008; LOBO; ZAGO, 2007).

O método é dividido em três etapas. Na primeira, chamada de Capacidade de Carga Física (CCF), identifica-se o coeficiente de rotatividade do roteiro de visita estipulado. Na segunda, a Capacidade de Carga Real (CCR), são inseridos Fatores de Correção (FCs) – situações-problema acerca das fragilidades do ambiente e aspectos que dificultam a visita – por meio de um índice de cálculo, que é aplicado à CCF, reduzindo-a percentualmente e de modo cumulativo. Na última fase, a Capacidade de Carga Efetiva (CCE), o total de visitantes da CCR é 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 de ordem microclimática foram realizados na caverna, mas não foram utilizados no cálculo devido à 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 claramente quais os critérios utilizados para se determinar essa suposta fragilidade. Na caverna de Santana, além de um FC de ordem antrópica ligado ao conforto na visita, utilizou-se outro, baseado na classificação de Lobo; Zago (2007) para os níveis de circulação de energia da caverna.

Dois problemas podem ser sumariamente identificados nessa metodologia. O primeiro deles é que a concepção metodológica original é aplicável a trilhas em florestas tropicais, carecendo de uma adaptação em praticamente todos os FCs sugeridos (chuva, insolação, 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.

### Conclusões e perspectivas de continuidade dos estudos

Com base nos exemplos observados no Brasil e no exterior, conclui-se que até o presente não é possível classificar em níveis de qualidade e resultado as diferentes formas de identificação 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.

A capacidade de carga baseada no controle de um parâmetro ambiental – na maioria das vezes, a variação da temperatura do ar – é a forma mais restritiva identificada até o momento, bastante aplicável em cavernas onde um aspecto de extrema fragilidade se faz presente, como no caso das pinturas rupestres e em cavernas com poucas trocas atmosféricas com o ambiente externo, com variações de temperatura e umidade quase nulas.

Para algumas situações o coeficiente de rotatividade e o zoneamento com base no roteiro de visita – formas mais simplificadas de manejo – são suficientes para resguardar a conservação da caverna durante seu uso turístico. Ainda que baseada apenas em aspectos espaço-temporais, recomenda-se o uso desta técnica quando da impossibilidade de aplicação de sistemas mais elaborados, de forma a precaver possíveis impactos gerados por fluxos demasiadamente grandes de visita. Entretanto, nas cavernas de maior complexidade morfofisiográfica, microclimática e biótica, torna-se imprescindível o uso de métodos mais focados nas limitações ao uso público com base no monitoramento de variáveis e indicadores ambientais.

Acerca do método de Cifuentes, a continuidade dos estudos sobre o tema tem conduzido a uma adaptação, principalmente na ampliação da CCR a partir de uma nova compreensão da aplicabilidade dos FCs. Na proposta original e em suas adaptações,

os FCs identificados são somados entre si, gerando sobreposição na redução do número de visitantes. Com isso, torna-se impossível identificar relações de causa-efeito entre o total de visitantes e a alteração nos parâmetros analisados. Na proposta de alteração em estudo pelos autores deste trabalho, apenas a situação problema com maior potencial de redução na visita é considerada para a diminuição do total inicial de visitantes, o qual pode ser previsto, como em Cifuentes, por meio de um sistema de cálculo do coeficiente de rotatividade de um roteiro em caverna (figura 1).

CIFUENTES CARRYING CAPACITY	ALTERNATIVE CARRYING CAPACITY
MAIN FACTORS	
FC 1: -20% FC 2: -5% FC 3: -3% FC 4: -12%	FC 1: -20% FC 2: -5% FC 3: -3% FC 4: -12%
Carrying capacity reduction factor: 40% of initial number (FC 1 + FC 2 + FC 3 + FC 4)	Carrying capacity reduction factor: 20% of initial number (The main factor is the biggest value, in this example, FC 1)

**Figura 1:** (LOBO et al., 2009) – o quadro acima ilustra as principais diferenças conceituais entre o sistema de capacidade de carga de Cifuentes e a proposta em construção.

Nesta nova proposta – ainda sob análise e em processo de construção – a base para a capacidade de carga advém de um processo de monitoramento ambiental, por um período de, no mínimo, um ano. Com isso, torna-se possível identificar a curva sazonal natural do parâmetro monitorado e sua respectiva resposta ao volume de visita. A título de teste, após o primeiro monitoramento (como exemplo na Figura 1, com 20% de redução) e não havendo retorno negativo, o total de visitantes poderá ser ampliado levando-se em conta o segundo fator preponderante (no exemplo da Figura 1, FC 4, com 12% de redução) e assim sucessivamente, até que se encontre o ponto de equilíbrio entre total de visitantes e as alterações toleráveis ao ambiente cavernícola.

Neste caso, permanece a preocupação na identificação de fatores ambientais que sejam redutores do coeficiente de rotatividade. Todavia, os aspectos do ambiente cavernícola passam a ser isolados dos aspectos antrópicos. Além disso, se as hipóteses em pesquisa vierem a ser confirmadas, a sobreposição das situações-problema – chamadas em Cifuentes de FCs – deve ser abandonada, exatamente porque gera uma situação de restrição cumulativa sem uma base científica adequada para tal. O limite de visita, sob a ótica da conservação



do ambiente, não deverá então se pautar na soma dos diversos problemas identificados, mas sim, na organização hierárquica quantitativa e qualitativa de

variáveis julgadas relevantes para a conservação do ambiente.

## 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.JC.; SOUSA, B.P.C. de. 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, 2001, Brasília. **Proceedings**. Brasília: UIS/SBE, 2001. 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. 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.
- CALAFORRA, J.M.; FERNÁNDEZ-CORTÉS, A.; SÁNCHEZ-MARTOS, F.; GISBERT, J.; PULIDO-BOSCH, A. Environmental Control for Determining Human Impact and Permanent Visitor Capacity in a Potential Show Cave Before Tourist Use. **Environmental Conservation**, v. 30, n. 2, p. 160-167. 2003.
- CARRANZA, G.Q.; FERNÁNDEZ, I.B.; PORRAS, J.J.; CASCO, M.E.; ARANA, I.G.; MAHECHA, S.L.; CÉSPEDES, J.V. **Estudio de Capacidad de Carga Para la Caverna Terciopelo en el Parque Nacional Baha Honda**. San Jose: ECEN, 2006. 43 p.
- CIFUENTES-ARIAS, M.C. **Determinación de Capacidad de Carga Turística en Áreas Protegidas**. Turrialba: CATIE, 1992. 26 p.
- CIFUENTES-ARIAS, M.C.; MESQUITA, C.A.B.; MÉNDEZ, J.; MORALES, M.E.; AGUILAR, N.; CANCINO, D.; GALLO, M.; RAMIREZ, C.; RIBEIRO, N.; SANDOVAL, E.; TURCIOS, M. **Capacidad de Carga Turística de las Áreas de Uso Público del Monumento Nacional Guayabo, Costa Rica**. Turrialba: CATIE/WWF, 1999.
- CIGNA, A. A. Environmental Management of Tourist Caves – The Examples of Grotta di Castellana and Grotta Grande del Vento, Italy. **Environmental Geology**, v. 21, p. 173-180. 1993
- CIGNA, A.A. Modern Trend in Cave Monitoring. **Acta Carsologica**, Ljubljana, v. 31, n. 1, p. 35-54. 2002.
- CIGNA, A.A.; FORTI, P. The Environmental Impact Assessment of a Tourist Cave. In: CAVE TOURISM INTERNATIONAL SYMPOSIUM AT 170 ANNIVERSARY OF POSTOJNSKA JAMA, POSTOJNA (YUGOSLAVIA), 1988, Postojna. **Proceedings**. Postojna: UIS, 1988. p. 29-38.
- COSTA JÚNIOR, E.P.D. **Abismo Anhumas (MS 04): Plano de Manejo Espeleológico**. Bonito: Anhumas, 2004. 167 p.
- FERNÁNDEZ-CORTÉS, A.; CALAFORRA, J.M.; SÁNCHEZ-MARTOS, F.; GISBERT, J. Microclimate Processes Characterization of the Giant Geode of Pulpí (Almería, Spain): Technical Criteria for Conservation. **International Journal of Climatology**, v. 26, p. 691-706. 2006.
- HOYOS, M.; SOLER, V.; CAÑAVERAS, J.C.; SÁNCHEZ-MORAL, S.; SANZ-RUBIO, E. Microclimatic Characterization of a Karstic Cave: Human Impact on Microenvironmental Parameters of a Prehistoric Rock Art Cave (Candamo Cave, Northern Spain). **Environmental Geology**, v. 33, n. 4, p. 231-242. 1998.

- LOBO, H.A.S. Considerações Preliminares Para a Reestruturação Turística da Caverna de Santana – PETAR, Iporanga, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 28, Campinas. **Anais**. Campinas: SBE, 2005. p. 77-87.
- LOBO, H.A.S. Os Níveis de Circulação de Energia Como Fator de Correção na Capacidade de Carga Turística. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ESTUDOS DO CARSTE, 2, 2007, São Paulo. **Resumos Expandidos e Simples**. São Paulo: Redespeleo, 2007. p. 107-112.
- LOBO, H.A.S. Capacidade de Carga Real (CCR) da Caverna de Santana, PETAR-SP e Indicações Para o Seu Manejo Turístico. **Geociências**, v. 27, n. 3, p. 369-385. 2008.
- LOBO, H.A.S.; ZAGO, S. 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, 2007, São Paulo. **Resumos Expandidos e Simples**. São Paulo: Redespeleo, 2007. p. 113-122.
- LOBO, H.A.S.; PERINOTTO, J.A. de J.; BOGGIANI, P.C. Espeleoturismo no Brasil: Panorama Geral e Perspectivas de Sustentabilidade. **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 62-83, 2008.
- LOBO, H.A.S.; BOGGIANI, P.C.; PERINOTTO, J.A. de J. Trends fou Tourist Carrying Capacity in Brazilian Caves. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SPELEOLOGY, 15, Kerrville. **Proceedings**. Kerrville:UIS, 2009. No prelo.
- PULIDO-BOSCH, A.; MARTÍN-ROSALES, W.; LÓPEZ-CHICANO, M.; RODRÍGUEZ-NAVARRO, M.; VALLEJOS, A. Human Impact in a Tourist Karstic Cave (Aracena, Spain). **Environmental Geology**, v. 31, n. 3-4, p. 142-9. 1997.
- SONG, L.; WEI, X.; LIANG, F. The Influences of Cave Tourism on CO<sub>2</sub> and Temperature in Baiyun Cave, Hebei, China. **International Journal of Speleology**, v. 29, p. 77-87. 2000.

---

<sup>i</sup> Um resumo deste trabalho foi publicado nos Anais do XV International Congress of Speleology. UIS: Kerville, Texas, 2009.