

## PLANEJAMENTO AMBIENTAL INTEGRADO E PARTICIPATIVO NA DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE CARGA TURÍSTICA PROVISÓRIA EM CAVERNAS

### ENVIRONMENTAL PLANNING INTEGRATED AND PARTICIPATORY FOR DETERMINATE THE PROVISORY TOURIST CARRYING CAPACITY IN CAVES

Heros Augusto Santos Lobo<sup>1</sup> (1, 2), Maurício de Alcântara Marinho<sup>2</sup> (3), Eleonora Trajano<sup>3</sup> (4), José Antonio Basso Scaleante<sup>4</sup> (5), Bárbara Nazaré Rocha<sup>5</sup> (6), Oscarlina Aparecida Furquim Scaleante<sup>6</sup> (5, 7) & Francisco Villela Laterza<sup>7</sup> (2)

(1) Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente – UNESP

(2) Instituto Ekos Brasil-SP

(3) Fundação Florestal/ Secretaria Estadual de Meio Ambiente

(4) Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo - IB/USP

(5) Estação Floresta Assessoria Ambiental e Turismo Ltda

(6) Programa de pós-graduação em Geografia Física pela FFLCH-USP

(7) Secretaria Municipal de Educação de Campinas

Rio Claro SP - [heroslobo@hotmail.com](mailto:heroslobo@hotmail.com)

#### Resumo

A capacidade de carga tem sua origem no manejo agrícola e pecuário, considerando, de forma geral, as características e limitações do ambiente para a determinação de um nível desejável de uso. No turismo, sua aplicação é feita tanto no planejamento quanto na gestão, visando à limitação do uso turístico de uma área em função de aspectos ambientais, ecológicos, culturais, sociais e econômicos. A maioria dos métodos de capacidade de carga turística existentes é determinística e pouco flexível, o que se torna uma dificuldade para a gestão dos destinos e atrativos turísticos. Buscando contornar esta característica, foi desenvolvido um método de determinação da capacidade de carga turística que leva em conta os determinantes ambientais estipulados em estudos temáticos, mas com níveis diferenciados de ponderação em função de suas fragilidades relativas à presença humana. O método foi originalmente concebido para uso em cavernas, sendo possível sua adaptação para outros tipos de ambiente. Os resultados obtidos permitiram a obtenção de níveis de uso considerados adequados em um consenso de especialistas das mais distintas áreas do conhecimento, aliando a conservação ao uso responsável do ambiente. Além disso, o método proporcionou a ampla oportunidade de participação das comunidades afetadas e stakeholders do turismo no processo decisório, ampliando, assim, o sentimento de pertencimento e o seu envolvimento efetivo.

**Palavras-Chave:** Capacidade de Carga Turística; Manejo Espeleológico; Planejamento Turístico; Planejamento Participativo.

#### Abstract

*The carrying capacity was originated in the management of agriculture and pecuary, considering, in a general way, the characteristics and limitations of the environment for to determinate a desirable level of use. In the tourism, its application is made both in the planning as in the management phase, with the objective of establishing tourist use levels in function of aspects of environment, ecology, culture, society and economy. The most of the methods of tourist carrying capacity is deterministic and few flexible, which became in a difficulty to managers of tourist destinations and attractions. The present method is an attempt to contour this characteristic, using for this the environmental determinations identified in thematic studies, but considering its relative fragility, weighted in relationship with the human presence. The method was originally created for to be used in caves, but its adaption for other environments is possible. The results of its application allow the achievement of adequate levels of tourist use, in a consensus of specialists from distinct areas of knowledge, allying the environmental conservation with its responsible use. Beyond of this, the method provided a wide opportunity of participation of local communities and tourism stakeholders in the decision process, expanding with this their belonging feelings and effective involvement.*

**Key-Words:** Spatial Tourist Carrying Capacity; Management of Caves; Tourism Planning; Participatory Planning.

## Introdução

O desenvolvimento de atividades turísticas em uma área natural protegida requer o conhecimento amplo do ambiente afetado, de forma que as limitações inerentes aos processos de um sistema natural possam ser respeitadas e mantidas. A realização de diagnósticos ambientais temáticos constitui fator chave para um efetivo planejamento dessas áreas, incluindo a tomada de decisão quanto a possibilidades e limites de uso turístico.

As cavernas podem ser consideradas casos especiais de planejamento ambiental e turístico, em função de suas condições espaciais, de iluminação, tróficas e de fluxo de massa e energia diferenciadas dos demais ambientes naturais (CIGNA; FORTI, 1988; PULIDO-BOSCH et al., 1997). O confinamento espacial condiciona à limitação em todos os processos do sistema, fazendo com que as ações decorrentes da presença humana possam se perdurar – em alguns casos, por tempo indeterminado.

A forma conhecida para reduzir problemas desta magnitude é o ordenamento do uso público, por meio do estabelecimento de limites temporais, espaciais e comportamentais (LOBO, 2010). Estes limites são estipulados em função da variação considerada aceitável de parâmetros-chave do ambiente afetado, os quais são conhecidos a partir do nível de pressão antrópica projetado, configurando-se, assim, a perspectiva de fragilidade do ambiente (TRAJANO, 2010). A fragilidade é um conceito relativo, o qual não tem por objetivo identificar a susceptibilidade intrínseca de cada elemento do ambiente a variações de ordem natural, mas sim, a sua relação de causa e efeito em função da presença humana.

Esta perspectiva analítica de limitação ao uso baseada em fragilidades, aliada aos modelos de avaliação de potencial turístico de cavernas (LINO, 1988; LABEGALINI, 1990; MARINHO, 2002; SGARBI, 2003; SCALEANTE, 2005; LOBO, 2007), serviu de base para a proposição de um processo de planejamento turístico aplicado em cavernas, cuja finalidade principal foi estabelecer um ponto de partida para determinar os limites de visitação. Com isso, foi desenvolvido um modelo metodológico para a determinação da capacidade de carga turística.

A capacidade de carga é um procedimento técnico de limitação quantitativa de uso turístico, comumente aplicada no manejo de trilhas e outros atrativos ecoturísticos. Trabalhos de referência em escala mundial sobre o tema foram publicados por Cifuentes (1992), Gillieson (1996), Hoyos et al.

(1998) e outros autores, que estabeleceram os conceitos básicos sobre o tema. Metodologias práticas foram desenvolvidas nos trabalhos de Cifuentes (1992), Hoyos et al. (1998) e Calaforra et al. (2003), entre outros. No caso de Cifuentes (1992), o método desenvolvido propõe uma somatória de fatores considerados críticos, o que reduz substancialmente o número de visitantes sem, no entanto, considerar uma perspectiva direta denexo causal entre os problemas identificados e o volume de visitação. Por sua vez, os trabalhos de Hoyos et al. (1998) e Calaforra et al. (2003) adotam uma perspectiva linear de causa e efeito entre parâmetros atmosféricos e a presença de visitas, focados no dimensionamento dos grupos de visitação, e não no total de visitas diárias em uma caverna.

Neste sentido, o método ora exposto, desenvolvido e aplicado em 32 cavernas no Estado de São Paulo, difere desta lógica processual, por ser baseado na produção de análises e materiais que sirvam de apoio à tomada de decisão, a qual foi realizada de forma coletiva e participativa.

## Contextualização e área de estudo

O trabalho que permitiu o desenvolvimento do presente método foi realizado na região do vale do rio Ribeira, sudoeste do Estado de São Paulo. A região abriga uma das maiores concentrações de cavernas do país, na Província Espeleológica do Açungui (KARMANN; SÁNCHEZ, 1979). Grande parte das cavernas já conhecidas na região é protegida por um mosaico de Unidades de Conservação da natureza, formando o chamado contínuo ecológico de Paranapiacaba. Trata-se de um dos mais significativos remanescentes da Mata Atlântica e também de uma das áreas cársticas com maior quantidade de teses e dissertações produzidas no país, conforme destaca o levantamento de Figueiredo et al. (2005) e com sínteses na área de espeleobiologia publicadas nos trabalhos de Trajano (2000) e Trajano; Bichuette (2010).

As cavernas desta região do Estado de São Paulo começaram a ser registradas na virada dos séculos XIX-XX, por pioneiros como o alemão Richard Krone ou o italiano Lourenço Granato (BRANDI, 2007). A sua visitação começou a se intensificar em meados dos anos de 1960, por meio de iniciativas pioneiras nas cavernas do Diabo e, posteriormente, de Santana (LE BRET, 1995). O turismo institucionalizado na região começa a se intensificar nos anos de 1980, com a efetivação da implantação de alguns parques e seus respectivos núcleos de visitação (MARINHO, 2002).

Em 2008, as cavernas da região foram fechadas a visitação, por determinação judicial, dada a ausência de planos de manejo na maioria dos parques e na totalidade das cavernas visitadas, bem como pela ocorrência de acidentes com turistas nos anos anteriores. A medida foi prejudicial a várias comunidades locais que, depois de anos de dependência dos recursos advindos do turismo, tiveram os fluxos de visitação praticamente zerados por questão de meses (LOBO, 2008), gerando consequências incompreendidas por completo até a atualidade.

Como consequência, foi assinado um Termo de Ajustamento de Conduta, estabelecendo, entre outros, a necessidade de elaboração dos Planos de Manejo Espeleológico (PMEs) de 32 cavernas (Figura 1), dos Parques Estaduais: Intervalas (PEI), Turístico do Alto Ribeira (PETAR), Caverna do Diabo (PECD) e do Rio Turvo (PERT), que foram selecionadas por técnicos da Fundação Florestal – órgão da Secretaria Estadual de Meio Ambiente – com base na visitação já implantada e em cavernas com potencial de uso público. No âmbito da Secretaria do Meio Ambiente foi instituído um comitê interinstitucional, composto pela Fundação Florestal, Instituto Geológico, Instituto Florestal, Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, e Projeto de Desenvolvimento de Ecoturismo da Mata Atlântica (SMA/BID), que

elaborou o termo de referência que norteou a execução dos PMEs, a partir de diversas referências, incluindo um documento preparatório (PIVA; LEVENGAHEN, 2006), dirigido à elaboração de PMEs dos parques contemplados.

As atividades relativas aos PMEs foram realizadas no período compreendido entre janeiro de 2009 e abril de 2010. Ao todo, quase 200 técnicos foram envolvidos, com destaque para a participação de geólogos, geógrafos, turismólogos, biólogos, engenheiros e outros profissionais de diversas áreas do conhecimento, além da contribuição de agentes locais, incluindo monitores ambientais, técnicos de prefeituras e empreendedores turísticos, todos engajados com a conservação das cavernas.

Os PMEs, coordenados pelo Núcleo de Planos de Manejo da Fundação Florestal (NPM/FF) e pelo Instituto Ekos Brasil, além de contar com a participação de técnicos e pesquisadores da SMA – incluindo os gestores dos parques estaduais envolvidos –, contaram com a participação de especialistas vinculados a universidades públicas (UNESP, USP e UFSCAR); grupos e entidades de espeleologia (SBE, GBPE, GPME e UPE) e diferentes empresas de consultoria ambiental e no campo das ciências humanas. Para a viabilização dos PMEs foram destinados recursos oriundos de termos de compromisso de compensação ambiental (SÃO PAULO, 2010).

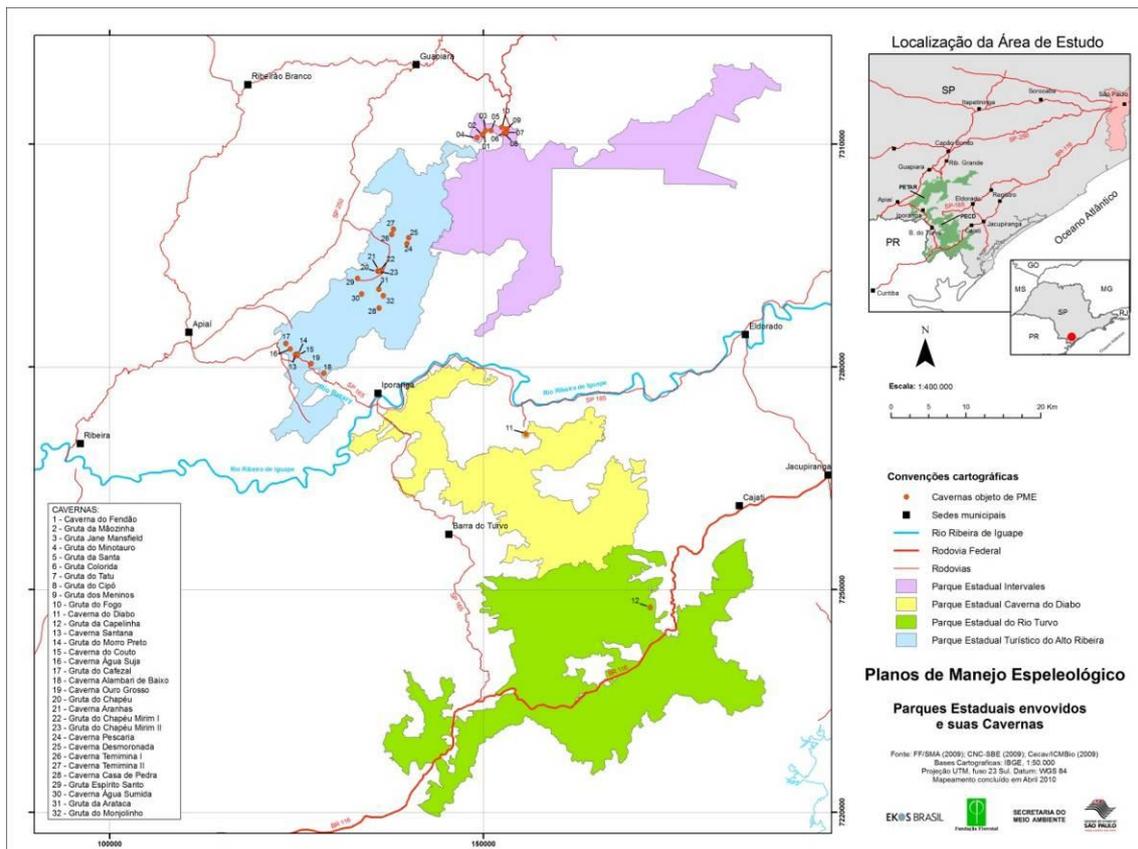


Figura 1 – Localização das cavernas presenteemente estudadas (modificado de SÃO PAULO, 2010)

**Projeção dos cenários de visitação e análise do potencial espeleoturístico**

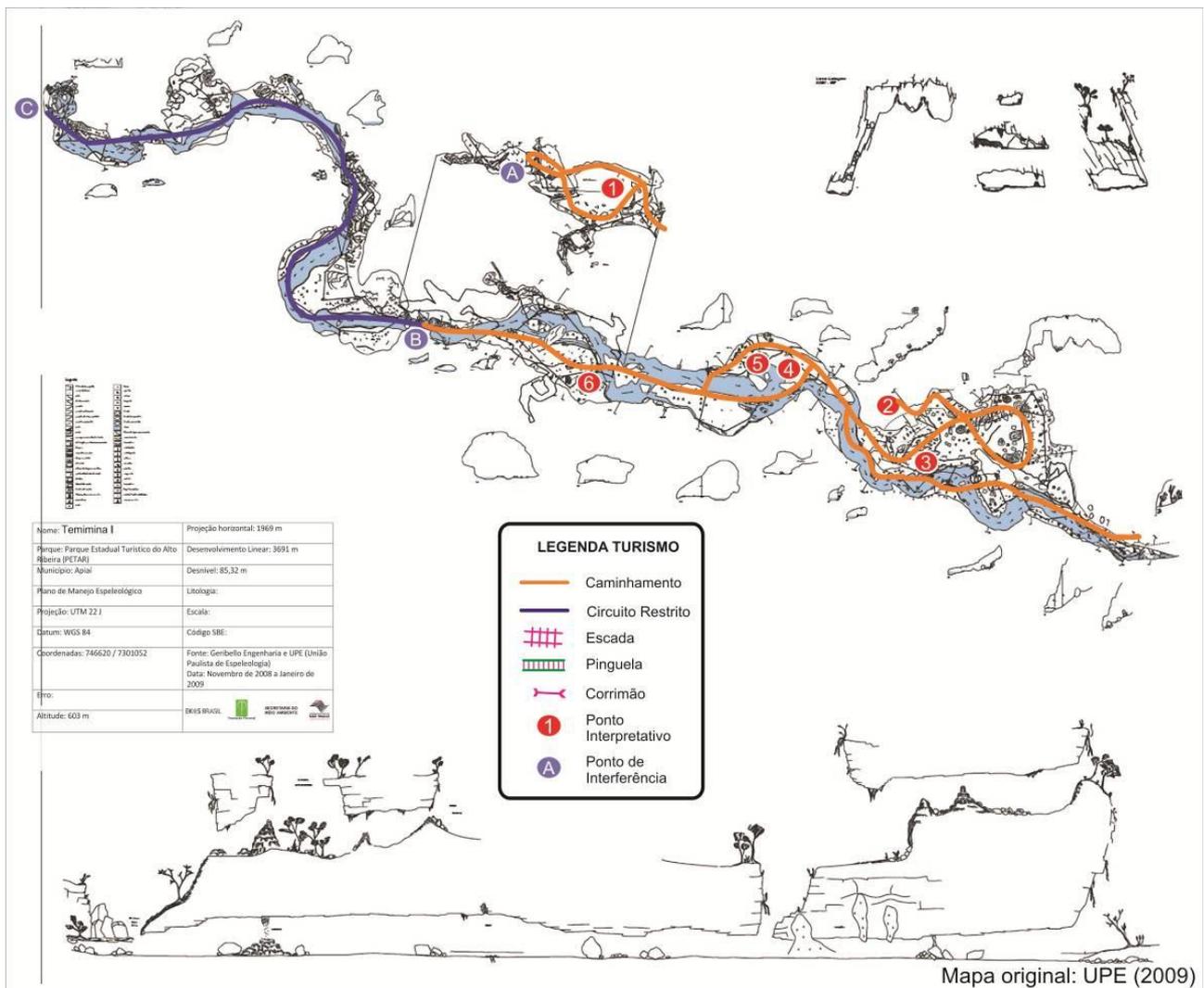
A identificação do potencial de visitação das cavernas é um dos passos mais importantes da metodologia desenvolvida. Isto porque os estudos de fragilidade do ambiente dependem intimamente dos níveis de pressão antrópica desejados. Posto que a fragilidade é um conceito relativo (TRAJANO, 2010; LOBO, 2010), a alteração dos cenários de visitação projetados acarreta em revisão dos níveis de fragilidade considerados.

O processo analítico em relação ao uso público deve permear diversos aspectos e parte do princípio que trechos de uma caverna serão considerados como roteiros de visitação. A delimitação espacial deve levar em conta tanto critérios de atratividade quanto de vulnerabilidade do ambiente, buscando conciliar os diferentes interesses dos possíveis públicos a serem atendidos. Esta análise pode ser feita por meio de diversas formas, com destaque para os métodos e diretrizes já

publicados por Lino (1988), Labegalini (1990), Marinho (2002), Scaleante (2005) e Lobo (2007).

A proposição de um roteiro de visitação deve ser feita em duas formas: por meio da projeção do caminhamento (BOGGIANI et al., 2001, 2007; LOBO, 2006, 2009) e dos pontos de dispersão controlada (LOBO, 2009) em mapa topográfico da caverna; e com memorial descritivo, explicando os pontos de intervenção necessários e detalhes da proposta realizada. Um exemplo de mapa de potencial de visitação é apresentado na Figura 2.

Após a definição dos roteiros, é preciso delimitar os tipos de propostas de visitação a serem consideradas, a partir dos públicos que se pretende atingir. Considerando-se que toda forma de visitação gera um determinado nível de pressão antrópica, adotou-se uma definição de uso público para espeleoturismo que não se restringe ao turismo formal, abrangendo não só a aventura e a contemplação, como também aulas de campo e estudos do meio.



**Figura 2 – Mapa de potencial de roteiros de visitação da gruta do Temimina II (SCALEANTE et al., 2009).**

O Espeleoturismo, como aqui definido, inclui também as atividades de espeleologia técnica e científica (esta última, coordenada por profissionais de áreas de ciências), a monitoria e o voluntariado. O contraponto destas atividades em relação ao espeleoturismo de lazer e educacional se caracteriza

pelo número relativamente reduzido de visitantes, os quais apresentam capacitações específicas, gerando produtos como treinamento, mapas, relatórios e publicações científicas. O Quadro 1 apresenta as formas de uso público consideradas na formulação das propostas de visitação.

**Quadro 1 – Perfis de visitantes considerados para a análise do uso público**

Perfil Geral	Perfis Específicos	Descrição e/ou Exemplos
Espeleoturismo	Contemplação	Atividade de lazer contemplativo em cavernas.
	Estudo do Meio	Atividades de interpretação ambiental com escolas, realizadas por operadoras especializadas.
	Aula de Campo	Atividades práticas de ensino com universidades, para visualização <i>in loco</i> das teorias estudadas.
	Aventura	Atividades de lazer ativo/interativo, com ou sem o uso de técnicas verticais, em trechos com pequena estrutura de apoio.
	PNEs (Portadores de Necessidades Especiais)	Adaptação de trechos de cavernas para PNEs.
Monitoria e Voluntariado	Monitores Ambientais, guias e voluntários	Condução de turistas; estágio de iniciação.
	Grupos de busca e salvamento e afins	Treinamento de técnicas de busca e salvamento.
Espeleologia técnica	Prospecção	Identificação de novos trechos dentro da caverna.
	Espeleotopografia	Mapeamento: novo, retificado ou em detalhe de trechos da caverna.
	Espeleofotografia	Prática de técnica fotográfica em cavernas.
	Espeleovertical	Prática de técnica vertical em cavernas.
	Iniciação Espeleológica	Iniciação de membros de grupos de espeleologia.
Espeleologia científica	Pesquisa básica	Datações paleoclimáticas.
	Pesquisa aplicada	Análise do impacto da visitação na fauna cavernícola.

A importância de definir os tipos de público se dá pelo fato de que, conforme os motivos de visitação, a intensidade e os tipos de impactos podem ser maiores ou menores, independente do volume de visitantes em um grupo. Um grupo em estudo do meio ou de ecoturistas possui uma postura diferente de um grupo de aventureiros. Certos tipos de pesquisa, como levantamentos minuciosos de fauna ou alguns tipos de topografias, requerem o uso de carbureteiras que são substancialmente mais impactantes para o microclima (SCALEANTE, 2003; LOBO; ZAGO, 2010) do que as luzes elétricas – mesmo em pequenos volumes de visitação.

O último subsídio necessário para a análise do potencial turístico é a definição dos volumes de visitação. Na presente metodologia, foram considerados cinco níveis hierárquicos, expostos na Tabela 1.

A partir destes subsídios técnicos, os especialistas em turismo da equipe projetaram os diversos cenários de visitação para a totalidade de roteiros dentro das 32 cavernas estudadas. A Tabela

2 apresenta exemplos representativos dos cenários projetados.

**Tabela 1 – Escalas de visitação para a projeção de cenários de uso público**

Escala de visitação	Total de visitantes (inclui guias)/grupo
Restrita	Até 7
Baixa	Até 10
Média	Até 20
Alta	Até 30
Intensa	Até 50

A projeção dos cenários levou em conta, além dos perfis de público e seu respectivo nível de interesse em diferentes tipos de experiência de visitação, o grau de risco ao visitante e a necessidade de sustentabilidade socioeconômica das comunidades locais em sua relação de interdependência com o espeleoturismo desenvolvido na região.

**Tabela 2 – Exemplos de cenários de visitação projetados**

<b>Caverna</b>	<b>Roteiro</b>	<b>Escala (pes./grupo)</b>	<b>Total proposto* (visitas/dia)</b>
Colorida (PEI)	Tradicional circular	Média (20)	120
Morro Preto (PETAR)	Tradicional circular	Alta (30)	270
	Travessia do aborto	Restrita (6)	24
Ouro Grosso (PETAR)	Até cachoeira	Baixa (10)	160
	Travessia garrafões	Restrita (6)	12
Diabo (PECD)	Tradicional	Intensa (50)	1200
	Erectus	Restrita (6)	24

\* Não corresponde, necessariamente, à capacidade de carga provisória final da caverna.

### **Análise das fragilidades do ambiente cavernícola**

As fragilidades do ambiente cavernícola são identificadas a partir de diagnósticos temáticos, os quais seguem procedimentos de coleta, análise e interpretação de dados específicos para cada tipo de levantamento, dentro dos temas espeleogeologia/paleontologia, climatologia, espeleobiologia e arqueologia. Considerando que se tratam de estudos de distintas áreas do conhecimento, os resultados podem apontar para diversas formas de avaliação e classificação do ambiente cavernícola, o que certamente dificultaria uma análise equitativa dos fatores estudados.

Assim, a primeira premissa metodológica é a definição de uma escala hierárquica comum a todos os métodos, baseada em uma graduação percentual, facilitando a comparação entre diferentes estudos.

Esta escala foi aplicada aos estudos espeleogeológicos, paleontológicos, arqueológicos, microclimáticos e espeleobiológicos, considerando o critério de classificação apresentado na Tabela 3.

Os resultados da classificação dos níveis de fragilidade são aplicados a uma área isomorfa da caverna, como uma galeria, um salão, um rio ou uma zona atmosférica, estabelecidos a partir da interpolação ou extrapolação dos pontos de coleta de dados. Com isso, são produzidos mapas de fragilidade para *n* temas considerados, tantos quanto forem necessários para exprimir graficamente as principais características da caverna sob manejo. Os critérios utilizados para a classificação das fragilidades do ambiente são exemplificados no Quadro 2.

**Tabela 3 – Níveis de fragilidade dos estudos temáticos**

<b>Nível de fragilidade</b>	<b>Valor (%)*</b>	<b>Cor da legenda em mapa</b>	<b>Descrição</b>
Absoluto	75,01-100	Preta	Indicadores/motivos que demonstrem a incompatibilidade da área com o uso público.
Alto	50,01-75	Vermelha	Indicadores/motivos que demonstrem a alta fragilidade da área em relação ao uso público.
Médio	25,01-50	Amarela	Indicadores/motivos que demonstrem a média fragilidade da área em relação ao uso público.
Baixo	0,01-25	Verde	Indicadores/motivos que demonstrem a baixa fragilidade da área em relação ao uso público.
Não classificado/ Inexistente	-	Transparente	Justificar a ausência de estudos e/ou a inexistência de fragilidades.

\* Os valores máximo e mínimo dos níveis de fragilidade foram estabelecidos de forma arbitrária, dividindo-se o total de níveis existentes dentro de uma escala percentual.

**Quadro 2 – Exemplos de critérios de análise das fragilidades do ambiente subterrâneo à visitação**

Estudo Temático	Exemplos de indicadores utilizados
Espeleogeologia	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desenvolvimento dos condutos</li> <li>▪ Variedade e raridade morfológica</li> <li>▪ Presença de depósitos clásticos</li> <li>▪ Presença, variedade, mineralogia e posição de espeleotemas</li> <li>▪ Singularidades geológicas.</li> </ul>
Paleontologia e arqueologia	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Presença de vestígios</li> <li>▪ Realização de estudo/resgate do material.</li> </ul>
Microclimatologia	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conectividade atmosférica com o meio externo</li> <li>▪ Concentração de gás carbônico.</li> </ul>
Espeleobiologia	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Riqueza de espécies troglomórficas</li> <li>▪ Ocorrência de espécies com baixa densidade populacional</li> <li>▪ Espécies indicadoras de qualidade da água</li> <li>▪ Granulação do substrato no leito dos rios</li> <li>▪ Singularidades biológicas, incluindo fenômenos raros, locais de reprodução etc.</li> </ul>

Fonte: São Paulo (2009)

A fragilidade total de cada tema estudado para cada zona classificada dentro da caverna – ou dela como um todo, no caso da impossibilidade de se obter análises por áreas específicas – foi inicialmente dada pela soma dos pesos de todos os indicadores dividida pelo total de indicadores utilizados, tal como exposto na Equação 1:

(1)

$$FTx = \frac{IF_1 + IF_2 + IF_3 \dots + IF_n}{\sum IFs}$$

Onde:

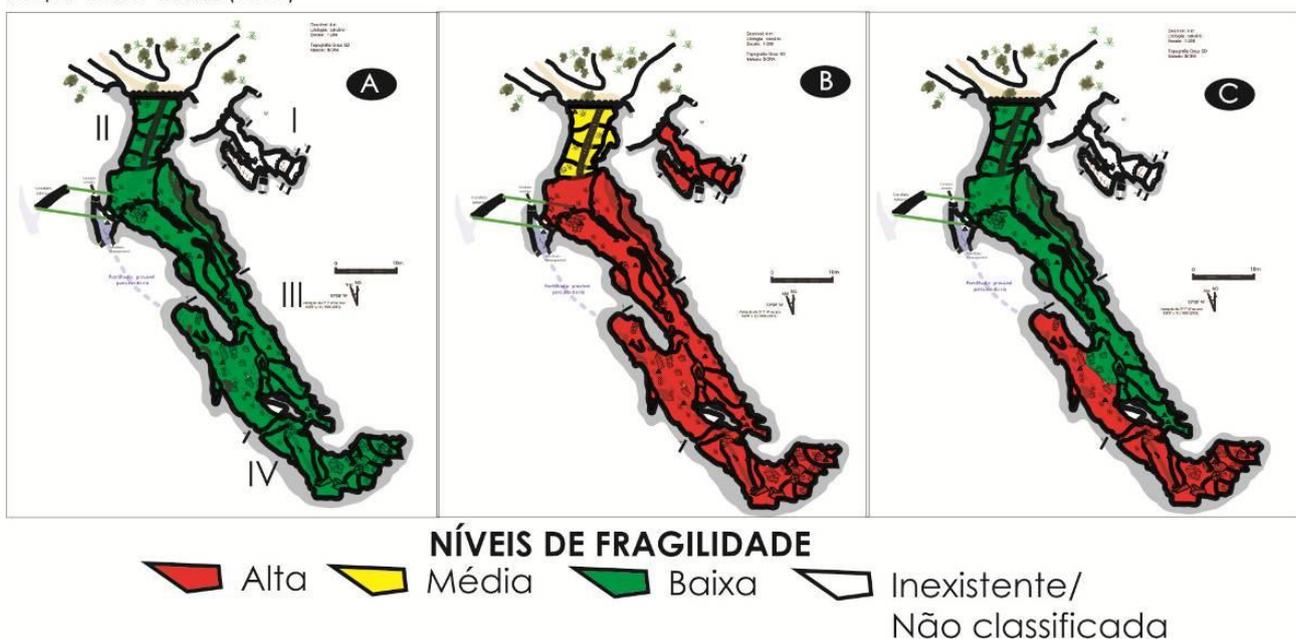
FTx = Fragilidade temática da zona “x” de uma caverna;

IF<sub>1, 2, 3...n</sub> = Valores e/ou pesos de cada indicador de fragilidade;

∑IFs = Total de indicadores utilizados para classificar cada zona ou caverna estudada.

Após esta etapa, o resultado obtido pela soma das respostas dadas aos indicadores indicou o nível de fragilidade da área em análise, o qual, invariavelmente, enquadra-se em um dos níveis apresentados na Tabela 3. Para ilustrar um resultado da aplicação desta primeira etapa de classificação do ambiente, a Figura 3 apresenta três mapas de fragilidade temática da gruta do Fogo, localizada no PEI.

Gruta do Fogo SP-236  
 Mapa base: GPME (2009)



**Figura 3 – Mapas de fragilidade da gruta do Fogo, em planta baixa:**  
 A – meio físico (inclui arqueologia e paleontologia); B – microclima; C – meio biótico.

Os mapas produzidos apresentam prognósticos para a condição do ambiente relativa à pressão antrópica considerada para a análise. No caso dos exemplos ilustrados na Figura 3, não existem valores percentuais diferenciados agregados a cada uma das zonas de fragilidade expostas. Assim, admite-se o valor máximo de cada nível hierárquico: se uma zona se encontra em cor verde, o que corresponderia a uma faixa variável entre 0,01% e 25%, a ausência de um valor específico – que poderia ser obtido pela nota média dos critérios estabelecidos, conforme a Equação 1 – classifica automaticamente o nível de fragilidade a partir da nota superior de corte do nível considerado, ou seja, 25% neste caso. Esta opção foi tomada em função de princípios de precaução, elevando sempre os níveis de fragilidade do ambiente, ao trabalhar com o valor máximo de cada nível de fragilidade, ao invés do valor mínimo ou da média –.

### Integração dos prognósticos

Os mapas integrados de fragilidade de cada caverna analisada foram obtidos pela composição dos diversos mapas temáticos de fragilidade temática ponderados entre si, considerando duas possibilidades:

- Fragilidades máximas, obtidas por meio da sobreposição dos mapas de fragilidade temática, prevalecendo a maior fragilidade específica para cada área da caverna estudada
- Fragilidade ponderada, produzida a partir de uma nota média entre os diversos estudos pontuados, podendo ou não ser acrescida de um peso diferenciado para cada estudo, tal como apresentado na Equação 2:

(2)

$$F_z = \frac{(FT_1 * [P1]) + (FT_2 * [P2]) + (FT_3 * [P3]) \dots + (FT_n * [Pn])}{\sum FTs + P_s}$$

Onde:

$F_z$  = Fragilidade total da zona específica da caverna;

$FT_{1, 2, 3, n}$  = Fragilidades obtidas por meio dos estudos temáticos;

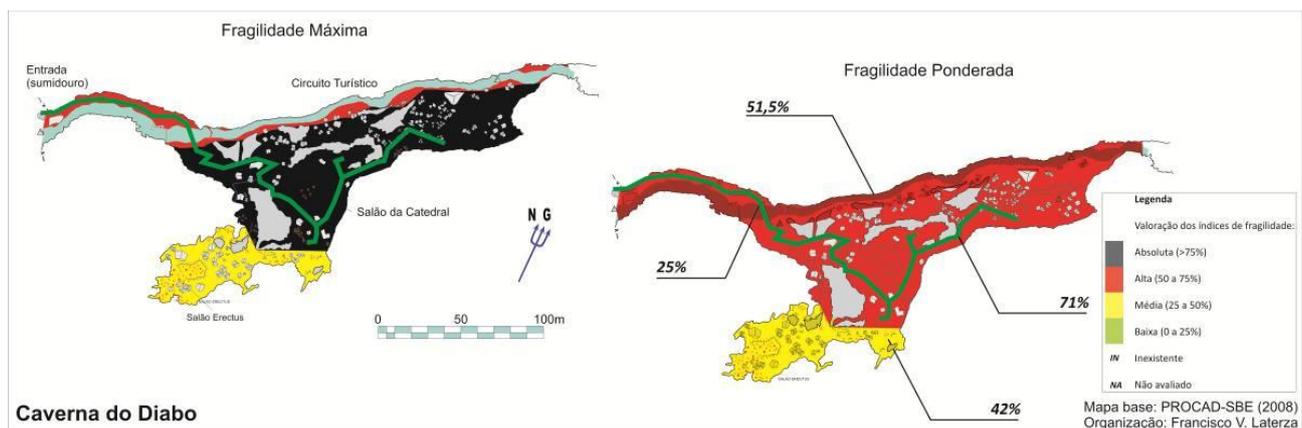
$P$  = Peso específico, agregado a cada estudo realizado;

$\sum FTs$  = Total de mapas de fragilidade temática utilizados para se obter o mapa final somado ao total de pesos específicos agregados.

Feita a pontuação, é preciso identificar quantas zonas são possíveis de se obter a partir dos mapas temáticos de fragilidade, o que corresponderá ao mapa com maior detalhamento em número de zonas.

A partir destes cruzamentos, os mapas integrados de fragilidades da caverna ficam da forma como ilustrado na Figura 4, tomando como exemplo a caverna do Diabo, com suas fragilidades máximas (4A) e ponderadas (4B). No caso da fragilidade ponderada, não foram utilizados pesos diferenciados para os estudos temáticos realizados, sendo todos equivalentes a peso 1.

O exemplo da Figura 4 ilustra, além das fragilidades integradas, a importância de um caminhamento bem delimitado. A existência de passarelas e corrimãos delimitando o percurso de visitação e obrigando os visitantes a se concentrar em uma área específica, reduziu a fragilidade específica de parte da caverna. Com isso, um salão de fragilidade absoluta (Figura 4A, em preto) passou a possuir uma zona linear de baixa fragilidade (Figura 4A, em verde). Isto demonstra também que, embora a construção de estruturas de visitação seja danosa quando de sua implantação, permite a diminuição dos impactos da visitação em intervalos mais amplos de tempo, podendo ser consideradas relativamente positivas.



**Figura 4 – Mapas finais de fragilidade integrada da caverna do Diabo: A – fragilidade máxima, por zona; B – fragilidade ponderada, por zona.**

### Obtenção da capacidade de carga provisória

A utilização dos resultados das fragilidades integradas pode ser feita de duas formas: a discussão por especialistas visando a um consenso; ou a aplicação dos índices de detração da fragilidade ponderada, em sistemática de cálculo semelhante à metodologia de capacidade de carga de Cifuentes (1992).

O caminho mais indicado é a discussão, posto que a metodologia foi desenvolvida para ser um método de suporte à decisão, não um cálculo determinístico. A discussão deve ser desenvolvida em um foro tão amplo quanto possível, com a participação de especialistas das diversas áreas do conhecimento envolvidos, além de gestores ambientais, representantes do poder público (municipal e/ou estadual e/ou federal), pesquisadores conhecedores da área, agências de turismo, guias, monitores ambientais e outros *stakeholders* envolvidos com o uso público da caverna sob manejo. Para uma compreensão adequada do processo, sugere-se a seguinte ordem de apresentação dos materiais produzidos:

1. Mapa com o roteiro proposto e tabela com o cenário de visitação projetado, permitindo a todos a compreensão mínima dos níveis de pressão ambiental estabelecidos;
2. Mapas de fragilidade temática, a partir dos diversos estudos realizados, evidenciando principalmente os níveis mais elevados de fragilidade identificados, justificando-os caso a caso;
3. Mapa com as fragilidades integradas, máximas e ponderada, permitindo uma visualização das áreas susceptíveis a danos ambientais em função da visitação; e
4. Discussão entre os presentes, buscando ponderar aspectos ligados tanto à conservação da caverna quanto ao seu uso sustentável.

O que se busca com o diálogo entre os participantes é a obtenção de posições de consenso, com base em dados técnicos e científicos, o qual deve permear aspectos relativos: a) ao circuito de visitação proposto; b) à escala de visitação; c) à capacidade de carga provisória; e d) quando necessário, ao zoneamento ambiental espeleológico da caverna – tema este não abordado no presente trabalho.

Não se obtendo o consenso na discussão, pode-se optar ainda por transformar o método de suporte a decisão em um modelo determinístico de capacidade de carga, sendo esta a segunda opção de aplicação dos materiais produzidos. Para tanto, os índices de fragilidade ponderada – ou mesmo um

determinado índice de fragilidade máxima, de um estudo temático que esteja em desacordo com o consenso obtido, como seria o caso de feições biológicas fundamentais (p. ex., ocorrência de troglóbio endêmico) – passam a ser tratados como fatores limitantes aos cenários projetados. Cabe lembrar o caráter especial das feições biológicas, consequência da conectividade reprodutiva entre indivíduos e dependência de tamanhos mínimos de populações para a sobrevivência das espécies. Enquanto a perda de uma feição geológica restringe-se à mesma, geralmente não afetando outras de mesmo tipo, no caso de populações, a perda de parte de uma delas pode se traduzir em risco para toda a espécie. Isto confere uma fragilidade particularmente alta para os componentes biológicos de uma caverna.

Matematicamente, esta opção de trabalho se expressa da forma como dispõe a Equação 3:

(3)

$$CCP_{Det} = F_z(MÁX \text{ ou } PEND) * CV$$

Onde:

$CCP_{Det}$  = Capacidade de Carga Provisória Determinada;

$F_z$  (MÁX ou PEND) = Maior índice de fragilidade ponderada ou índice de fragilidade do estudo temático pendente, considerando as zonas atingidas pelo roteiro proposto;

CV = Cenário de visitação proposto.

Por este caminho, assim como pelo primeiro indicado, pode-se também determinar a capacidade de carga provisória para a caverna sob manejo.

### Exemplos de resultados obtidos

A metodologia apresentada nas seções anteriores, uma vez aplicada aos Planos de Manejo Espeleológico das cavernas do vale do Ribeira, permitiu um planejamento inicial de uso sustentado de 32 cavernas com realidades ambientais distintas, a ser testado através de monitoramento de médio a longo prazo. Ao todo, foram submetidas 51 propostas de roteiros de visitação, das quais 45 foram aprovadas nas oficinas de Zoneamento Ambiental Espeleológico realizadas, com os mais diferentes níveis de intensidade e frequência de visitação. Exemplos de extremos foram observados, desde roteiros para apenas um grupo de 6 pessoas

por dia, até roteiros para 1100 pessoas por dia, em grupos de até 50 pessoas.

Além disso, as fragilidades máximas exerceram papel decisivo na limitação total de visitação de alguns roteiros. Cavernas inteiras foram fechadas à visitação, como é o caso da gruta do Espírito Santo (PETAR), em função de fatores como alta diversidade de troglóbios (13 espécies) e presença de vestígios paleontológicos em seu interior e arqueológicos perto de sua entrada, o que lhe conferiu índice absoluto de fragilidade em toda sua extensão. Outro exemplo digno de nota é a gruta do Minotauro (PEI), que teve sua visitação suspensa por conta da estabilidade microclimática, que sofreu grande impacto em visitas experimentais, mesmo com poucas pessoas.

Em outras cavernas, como por exemplo, Morro Preto e Santana (PETAR), parte de seus salões e galerias, para os quais havia propostas de roteiros, também foi vetada em função de suas fragilidades espeleogeológicas – como a variedade e a composição química de espeleotemas –, espeleobiológicas – pela presença de fauna troglóbia – e/ou microclimáticas – face ao potencial cumulativo de fluxo atmosférico –.

Fatores sazonais também foram considerados com base nas fragilidades levantadas. Na gruta Ouro Grosso (PETAR), em seu roteiro tradicional de visitação, a capacidade de carga provisória estipulada foi de 130 pessoas nos meses de outubro a abril, e de 60 pessoas nos meses de maio a setembro. A limitação temporal se deu em função do ciclo reprodutivo de uma espécie de opilião, *Serracutisoma spelaeum*, que se reproduz em um dos condutos de passagem obrigatória durante a visitação.

Por fim, a caverna Água Suja (PETAR), como o exemplo mais rico de discussão desenvolvida, abrindo fronteiras para novas perspectivas de trabalho do método. Durante a discussão realizada em uma oficina, com diversos *stakeholders* presentes, não se obteve um consenso quanto ao seu volume de visitação. A grande dificuldade encontrada era a necessidade de se manter um roteiro de caráter rústico, sem excesso de passarelas e pontes, permitindo aos turistas uma sensação maior de aventura, porém compatível com a necessidade de recuperação das populações de fauna aquática – com ênfase nos peixes – no rio que atravessa a cavidade. De fato, tendo em vista que o pisoteamento é um dos impactos de mais graves consequências, tanto para a fauna terrestre como para a aquática, um dos problemas mais importantes no manejo de qualquer caverna destinada ao espeleoturismo é encontrar um equilíbrio entre a

minimização do pisoteamento e um grau de intervenção que não comprometa excessivamente o espírito de aventura.

O ponto de equilíbrio somente foi obtido com uma visita em campo feita com uma equipe multidisciplinar, quando todos os pontos de vista puderam ser expostos para se atingir um nível maior de reflexão e ponderação coletiva. A atividade de campo foi acompanhada por monitores ambientais locais detentores de grande vivência e conhecimento empírico do ambiente das cavernas e que, preocupados com o destino da visitação da caverna Água Suja, trouxeram grande contribuição para a definição do consenso e tomada de decisão quanto à revisão de medidas de manejo da cavidade.

O resultado obtido foi um meio-termo, entre o cenário inicial proposto (de 300 visitas/dia) e a limitação sugerida pela espeleobiologia – que apontava para um limite de 80 visitas/dia –, chegando-se a capacidade de carga provisória de 180 visitas/dia. Este limite numérico foi acrescido de uma série de normas comportamentais, limites espaciais, controles rígidos de uso – incluindo a instalação de um posto de controle de acesso na entrada da caverna – e um intervalo mínimo de 90 minutos entre os grupos.

Por fim, no caso do PETAR, diante do fato da maior parte dos roteiros de visitação ser em cavernas, foi marcante também a participação do Conselho Consultivo da UC, solicitando esclarecimentos quanto aos PMEs para as cavernas e propondo ajustes cautelares do número de visitantes/por roteiro/monitor, mais uma vez tendo a base empírica dos monitores – um importante parâmetro para a determinação de limites espaciais, numéricos e comportamentais de uso.

## Conclusões

A metodologia de planejamento desenvolvida, de base integrada e participativa, permitiu um diálogo muito próximo e em parâmetros equilibrados entre profissionais de diferentes áreas de conhecimento. A mobilização social também foi um ponto positivo. Os representantes de comunidades receptoras de turistas tiveram condições de expor seus respectivos pontos de vista, já balizados por ideais de conservação ambiental compatíveis com as áreas naturais protegidas.

A resolução de todos os casos apresentados com o uso dos materiais de apoio à decisão apresentados e, em apenas um caso, acrescido de uma visita técnica, demonstrou o funcionamento do método. Em nenhum dos casos houve a necessidade

de aplicação do índice de cálculo baseado nas fragilidades ponderadas. Isto demonstrou que a experiência dos técnicos responsáveis pelos estudos temáticos – tanto nas propostas quanto nas limitações necessárias –, aliada ao bom-senso dos *stakeholders* interessados no uso espeleoturístico sustentável, são fatores fundamentais para o bom funcionamento de uma metodologia de capacidade de carga baseada em modelos de suporte à decisão.

Por fim, cabe lembrar que, pela própria característica do método, os resultados obtidos são sempre considerados provisórios. Somente o desenvolvimento e a aplicação de protocolos de monitoramento ambiental com base, no mínimo, nos fatores críticos identificados, é que permitirá uma aproximação mais real dos verdadeiros limites de suporte de cada ambiente manejado.

### Agradecimentos

A todos os participantes da elaboração dos Planos de Manejo Espeleológico, em especial aos envolvidos na oficina de Zoneamento, onde o presente método foi exaustivamente testado. Aos coordenadores dos estudos temáticos de espeleogeologia (MSc. Oduvaldo Viana Jr.), fauna aquática (Dra. Maria Elina Bichuette), fauna terrestre (Dra. Flávia P. Franco), histoplasiose (Ana Wiezel), leishmaniose (Silmara Zago), ocupação humana (MSc. Isabela de Fátima Fogaça) e arqueologia (Dr. Paulo de Blasis e Dra. Erika Marion Robrahn-González), por suas contribuições ao processo de execução do método. A Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), ao Grupo Pierre Martin de Espeleologia (GPME), a União Paulista de Espeleologia (UPE) e ao grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas (GBPE), por sua atuação significativa durante a elaboração dos Planos de Manejo Espeleológico.

### Referências Bibliográficas

- 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. 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*. Brasília: UIS/SBE, 2001. p. 299-300.
- Boggiani, P.C.; Silva, O.J.; Gesicki, A.L.D.; Galati, E.; Salles, L.O.; Lima, M.M.E.R. Definição de capacidade de carga turística das cavernas do Monumento Natural Gruta do Lago Azul (Bonito, MS). *Geociências*, Rio Claro, v.26, n.4, p.333-348, 2007.
- Brandi, R. Ricardo Krone e Lourenço Granato: influências na história da espeleologia paulista no final do século XIX e início do século XX. *O Carste*, Belo Horizonte, v.20, n.1, p.36-61, 2008.
- 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.
- Cifuentes, M.C. *Determinación de capacidad de carga turística en áreas protegidas*. Turrialba: CATIE, 1992. 28 p.
- Cigna, A.A.; Forti, P. The environmental impact assessment of a tourist cave. In: UIS (ed.) CAVE TOURISM INTERNATIONAL SYMPOSIUM AT-170 ANNIVERSARY OF POSTOJNSKA JAMA, 1988, Postojna (Yugoslavia), *Proceedings*. Postojna: UIS, 1988. p. 29-38.
- Figueiredo, L.A.V. de; Zampaulo, R. de A.; Marinho, P.A. Pesquisa científica e qualificação acadêmica em espeleologia e temas afins: desenvolvimento de um catálogo sobre a produção universitária brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 28, 2005, Campinas. *Anais do...* Campinas: SBE, 2005. p.44-65.
- Gillieson, D. *Caves: processes, development and management*. Cambridge: Blackwell, 1996. 324 p.
- GGEO – Grupo de Espeleologia da USP. *Mapa topográfico da gruta do Morro Preto-Couto*. São Paulo: GGEO, 1998. Escala 1:500.

- GPME – Grupo Pierre Martin de Espeleologia. *Mapa topográfico da gruta do Fogo*. São Paulo: GPME, 2009. Escala 1:500.
- Hoyos, M.; Soler, V.; Cañaveras, J.C.; Sánchez-Moral, S.; Sanz-Rubio, E. Microclimatic characterization of a karstic cave: human impact on microenvironmental parameters of a prehistoric rock art cave (Candamo cave, Northern Spain). *Environmental Geology*, Berlin, v.33, n.4, p.231-242, 1998.
- Karmann, I.; Sánchez, L.E. Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil. *Espeleo-Tema*, Monte Sião, v.13, p.105-167, 1979.
- Labegalini, J.A. Infraestructura para cavernas turísticas. *Spelaion*, Buenos Aires, v.1, n.1, p.33-39, 1990.
- Le Bret, M. *Maravilhoso Brasil subterrâneo*. Jundiaí: Japi/SBE, 1995. 204p.
- Lino, C F. *Manejo de cavernas para fins turísticos: base conceitual e metodológica*. São Paulo: s.ed., 1988. Mimeo. 41 p.
- Lobo, H.A.S. Bases para a implantação e manejo de trilhas espeleoturísticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO E MANEJO DE TRILHAS, 1, Rio de Janeiro. *Anais do...* Rio de Janeiro: UERJ, 2006c. p.1-12.
- Lobo, H.A.S. Método para avaliação do potencial espeleoturístico do Parque Nacional da Serra da Bodoquena, MS. *Caderno Virtual de Turismo*, Rio de Janeiro, v.7, n.3, p.99-110, 2007.
- Lobo, H.A.S. Capacidade de carga real (CCR) da caverna de Santana, PETAR-SP e indicações para o seu manejo turístico. *Geociências*, Rio Claro, v.27, n.3, p.369-385, 2008.
- Lobo, H.A.S. Zoneamento ambiental espeleológico (ZAE): aproximação teórica e delimitação metodológica. *Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas*, Campinas, v.2, n.2, p.113-129, 2009.
- Lobo, H.A.S. *Dinâmica atmosférica subterrânea na determinação da capacidade de carga espeleoturística: Caverna de Santana (PETAR, Iporanga-SP)*. Rio Claro: Unesp, 2010. 311p. Relatório de qualificação do doutorado (Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro.
- Lobo, H.A.S.; Zago, S. Iluminação com carbureteiras e impactos ambientais no microclima de cavernas: estudo de caso da lapa do Penhasco, Buritinópolis-GO. *Geografia*, Rio Claro, v.35, n.1, p.183-196, 2010.
- Marinho, M. de A. (Coord.) *Plano de uso recreativo do PETAR, Iporanga e Apiaí/SP: Proposta de manejo e uso recreativo para o Núcleo Caboclos com ênfase ao Roteiro da Trilha do Chapéu*. Relatórios Técnicos Parcial e Final. São Paulo: WWF-Brasil; Ing-Ong, 2002. 172 p.
- Piva, E.B.; Levengahen, B.S. (Orgs.). *Documento preparatório para o plano de manejo espeleológico do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira, Parque Estadual Intervales e Caverna do Diabo no Parque Estadual de Jacupiranga*. São Paulo: Instituto Florestal/SMA, 2006. 80 p. (relatório interno).
- PROCAD/SBE – Projeto Caverna do Diabo/Sociedade Brasileira de Espeleologia. *Mapa topográfico da caverna do Diabo*. São Paulo: SBE, 2008. Escala 1:500.
- 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*, Berlin, v.31 n.3/4, p.142-149, 1997.
- São Paulo (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Fundação Florestal. *Planos de Manejo Espeleológico do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira*. São Paulo: Núcleo Planos de Manejo/Fundação Florestal; Ekos Brasil, 2010. 765 p.
- Scaleante, J.A.B. *Avaliação do impacto de atividades turísticas em cavernas*. 2003. 82. p. Dissertação (Mestrado em Geociências), Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

- Scaleante, J.A.B. Uso de Cavernas Como Produto Turístico. In: TRIGO, L.G.G.; PANOSSO NETTO, A.; CARVALHO, M.A.; PIRES, P. dos S. (eds.) *Análises Regionais e Globais do Turismo Brasileiro*. São Paulo: Roca, 2005. p.449-468.
- Scaleante, J.A.B.; Espinha, A.M.L.; Labegalini, J.A.; Rasteiro, M.A.; Scaleante, O.A.F.; Scaggiante, V.F. *Relatório final de diagnóstico de turismo para os planos de manejo espeleológico*. São Paulo: Fundação Florestal; Ekos Brasil, 2009. 106 p. (Relatório Interno)
- Sgarbi, M. *Metodologia de Manejo em Cavernas para Minimização de Impactos Ambientais Decorrentes de Atividade Antrópica: Estudo de Caso Gruta do Chapéu & Caverna Santana, Parque Estadual Turístico do Alto do Ribeira / SP*. Mogi das Cruzes: Relatório de Iniciação Científica, Universidade de Mogi das Cruzes, 2003, 47 p.
- Trajano, E. Cave faunas in the Atlantic tropical rain forest: Composition, ecology and conservation. *Biotropica*, v.32, n.4, p.882-893, 2000.
- Trajano, E. Políticas de conservação e critérios ambientais: princípios, conceitos e protocolos. *Estudos Avançados*, São Paulo, v.24, n.68, p.135-146, 2010.
- Trajano, E.; Bichuette, M.E. Diversity of Brazilian subterranean invertebrates, with a list of troglomorphic taxa. *Subterranean Biology*, v.7, p.1-16, 2010.

---

**Fluxo editorial:**

Recebido em: 30.06.2010

Enviado para correção aos autores em: 12.07.2010

Aprovado em: 26.07.2010



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.sbe.com.br/turismo.asp](http://www.sbe.com.br/turismo.asp)

- 
- <sup>1</sup> Doutorando em Geociências e Meio Ambiente (UNESP/Rio Claro); Turismólogo (UAM/SP). [heroslobo@hotmail.com](mailto:heroslobo@hotmail.com)
- <sup>2</sup> Doutorando em Geografia, Geógrafo (FFLCH/USP). [mau\\_marinho@terra.com.br](mailto:mau_marinho@terra.com.br)
- <sup>3</sup> Professora Titular do Departamento de Zoologia, Bióloga (IB/USP). [etrajano@usp.br](mailto:etrajano@usp.br)
- <sup>4</sup> Mestre em Geociências (Unicamp); Turismólogo (PUCCamp). [florest@terra.com.br](mailto:florest@terra.com.br)
- <sup>5</sup> Mestre em Geografia Física, Geógrafa (FFLCH/USP). [ba\\_nrocha@yahoo.com.br](mailto:ba_nrocha@yahoo.com.br)
- <sup>6</sup> Mestre em Geociências (Unicamp); Geógrafa e Pedagoga (PUCCamp). [florest@terra.com.br](mailto:florest@terra.com.br)
- <sup>7</sup> Geógrafo (FFLCH/USP). [francisco.laterza@ekosbrasil.org](mailto:francisco.laterza@ekosbrasil.org)