
ZONEAMENTO AMBIENTAL ESPELEOLÓGICO: UMA PROPOSTA PARA A CAVERNA DO LIMOEIRO, MEDICILÂNDIA/PA

SPELEOLOGICAL ENVIRONMENTAL ZONING: A PROPOSAL FOR THE LIMOEIRO CAVE, MEDICILÂNDIA/PA

Luciana Martins Freire¹
Joselito Santiago de Lima²
Edson Vicente da Silva³

RESUMO: A Caverna do Limoeiro, pertencente geologicamente à Província Espeleológica Altamira-Itaituba, na região sudoeste do estado do Pará, representa um exemplo de carste em arenito, que possui uma grande diversidade de espeleotemas em seus salões, inclusive com presença de lâminas de folhelho em seu teto e paredes. Por ser uma caverna com características paisagísticas únicas e apresentar condições propícias à visitação, objetivou-se aplicar o modelo propositivo de Zoneamento Ambiental Espeleológico (ZAE) do CECAV/ICMBio, o qual poderá ser aplicado nessa caverna. A partir do levantamento de dados bibliográficos e de campo, foram propostas estratégias de planejamento quanto as formas de uso da caverna baseadas em modelos de ZAE já desenvolvidos no Brasil, incorporando diretrizes técnicas do CECAV/ICMBio Para o ZAE da Caverna do Limoeiro foram definidas três zonas: de Uso Intensivo; de Uso Extensivo; e Primitiva, se explicitando as estratégias de gestão integradas e específicas para cada zona.

Palavras-chave: Caverna do Limoeiro. Zoneamento Ambiental Espeleológico. Amazônia.

ABSTRACT: The Limoeiro Cavern is part of the Altamira-Itaituba Speleological Province in southwestern Pará, and it is an example of sandstone karst, with a high diversity of speleothems on the halls, including sheets of shale in its ceiling and walls. Due to its

1 Professora da Faculdade de Geografia – Campus Ananindeua da Universidade Federal do Pará (UFPA). E-mail: lucianamf@ufpa.br.

2 Professor do Campus Paragominas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA). E-mail: joselito.lima@ifpa.edu.br.

3 Professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC). E-mail: cacau@ufc.br.

AGRADECIMENTOS:

Aos Professores Dr. Roberto Vizeu Lima Pinheiro (FAGEO-IG/UFPA) e Dr. Cesar Ulisses Vieira Veríssimo (DEGEO/UFC), pelo auxílio incondicional nas pesquisas espeleológicas da Amazônia brasileira. À FAPESPA (Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas), pela viabilização financeira da pesquisa (Edital 005/2014). À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela bolsa de doutorado. Às Universidades Federal do Pará (UFPA) e do Ceará (UFC), pela estrutura e apoio logístico.

Artigo recebido em julho de 2019 e aceito para publicação em agosto de 2019.

landscape characteristics and conductive conditions* to visitation, this paper presents a model for Environmental Speleological Zoning (ZAE), which can be applied in this cave and in other similar cavities as well. Based on the bibliographical and field data collection, it is proposed the planning of the cave used other models of ZAE made in Brazil and technical guidelines of the CECAV / ICMBio. In this sense, for the Limoeiro Cavern's ZAE were defined three zones: Intensive Use Zone; Extensive Use Zone; and Primitive Zone; explaining the integrated and specific management strategies for each zone.

Keywords: Limoeiro Cave. Environmental Speleological Zoning. Amazônia.

INTRODUÇÃO

O Zoneamento Ambiental Espeleológico (ZAE) constitui uma das etapas que são essenciais para a elaboração de um Plano de Manejo Espeleológico (PME), conforme é recomendado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução nº 347, de 10 de setembro de 2004 (CONAMA, 2004). O ZAE tem como objetivo propor estratégias de ordenamento territorial de cavidades naturais subterrâneas, através do estabelecimento de zonas com usos diferenciados, definidas por suas características ambientais (MARRA, 2001). A ideia principal é ampliar as formas de proteção ambiental, proporcionando práticas de contemplação e, em alguns casos, o desenvolvimento de atividades de lazer, turismo educacional e científico em ambientes espeleológicos. Esta pesquisa apresenta um modelo de ZAE que poderá ser aplicado em cavernas areníticas semelhantes à que foi pesquisada, especialmente na Amazônia.

Localizada no município de Medicilândia (Figura 1), estado do Pará e no contexto da Região Amazônica Brasileira, a Caverna do Limoeiro destaca-se por apresentar 1.200m de desenvolvimento subterrâneo em arenito e uma grande diversidade de espeleotemas em seus salões, com presença de lâminas de folhelho em seu teto e paredes.

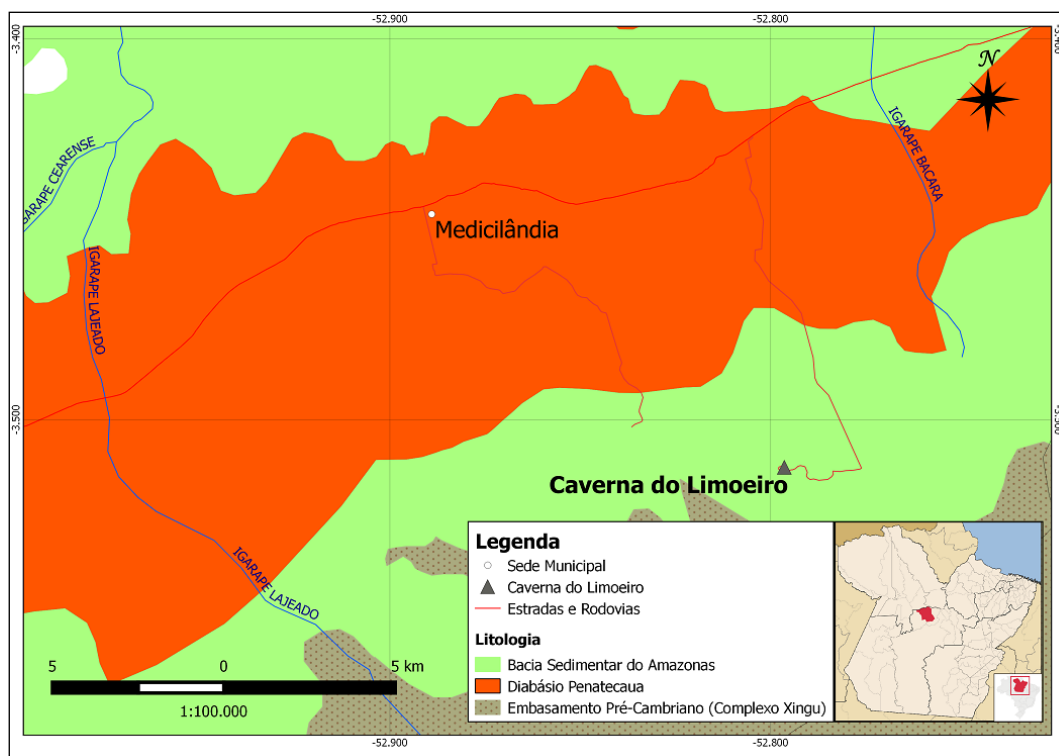


Figura 1. Localização da Caverna do Limoeiro e Município de Medicilândia (PA).

A caverna do Limoeiro faz parte da Província Espeleológica Altamira-Itaituba, representando a segunda maior cavidade subterrânea em arenito dessa mesma província. Por suas características paisagísticas peculiares, esta pesquisa objetivou aplicar um modelo de proposta de planejamento ambiental e geoconservação na Caverna do Limoeiro, o qual poderá ser empregada para a gestão de outras cavidades similares que tenham ou não o mesmo fim de visitação e/ou turismo.

A proposta de zoneamento foi baseada em modelos já desenvolvidos no Brasil, tais como o da Caverna do Maroaga – AM (AMAZONASTUR/PROECOTUR, 2004) e o da Gruta do Bom Sucesso – PR (VOTORANTIM ENERGIA LTDA, 2011), além da contribuição teórica e metodológica de Lobo (2009). Estes, por sua vez, foram baseados nos critérios de zoneamento propostos pelas *Diretrizes e orientações técnicas para a elaboração de Planos de Manejo Espeleológico (PME)*, documento elaborado pelo CECAV/ICMBio (CEVAC, 2008).

A Província Espeleológica Altamira-Itaituba localiza-se em uma área ao sul da Bacia Sedimentar do Amazonas, em um ambiente de contato com o Embasamento Pré-Cambriano Complexo Cristalino do Xingu. Distribui-se em uma estreita faixa de aproximadamente 200 km de eixo maior e 25 km de eixo menor, entre os rios Xingu e Tapajós, com feições dispostas em faixas subparalelas com direção geral ENE-WSW, tendo o rio Xingu constituindo o limite leste (ELETROBRÁS, 2009; PINHEIRO; MAURITY; PEREIRA, 2015). As estruturas estratigráficas das bordas escarpadas da bacia sedimentar apresentam inclinações entre três e cinco graus, as quais abrigam boa parte das cavidades naturais subterrâneas da província. A caverna do Limoeiro encontra-se notadamente nos arenitos da Formação Maecuru, pertencente ao Grupo Urupadi, de ampla ocorrência na Bacia do Amazonas. O Grupo Urupadi tem posicionamento litoestratigráfico de cronologia do Eo-Devoniano (entre 416 milhões e 397 milhões e 500 mil de anos atrás), e encontra-se sobreposto ao Grupo Trombetas, do Siluriano (VASQUES; ROSA-COSTA, 2008).

Os eventos de formação da Bacia Sedimentar Amazônica ocorreram por meio de processos de sedimentação iniciados no Paleozóico, desenvolvidos por sucessivas transgressões marinhas epicontinentais sobre o Cráton Amazônico, intercalados por soerguimentos orogênicos relacionados a abertura do Atlântico Equatorial e à separação das placas Africana, Norte-Americana e Sul-Americana durante o Cretáceo e o Paleoceno. Na sequência, passaram por processos de estruturação, morfogêneses e sedimentação até hoje atuante, relacionados à atividade neotectônica do tipo transcorrente. (VASQUES; ROSA-COSTA, 2008).

A Espeleologia como prática é uma atividade de múltiplo sentido (científico, ambiental, esportivo, turístico e sociocultural), sendo que um de seus instrumentos de gestão é o Zoneamento Ambiental Espeleológico, que se mostra necessário como uma forma de planejamento adequado para a conservação e preservação do patrimônio espeleológico. Nesse sentido, diante da falta de uso ordenado e qualquer forma de proteção ambiental nas cavernas da Província Espeleológica Altamira-Itaituba, o ZAE apresenta-se como uma proposta aplicada a esses ambientes cársticos e pseudocársticos (arenitos), tomando-se ainda como um destaque na formação de cavidades em rochas não carbonáticas.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A primeira etapa da pesquisa caracterizou-se pelo levantamento de bibliografias (artigos, teses e relatórios técnicos) relacionados com textos e documentos que subsidiaram a identificação de paisagens espeleológicas alocadas no domínio da Amazônia. Assim, realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre a geologia e geomorfologia da Bacia Sedimentar do

Amazonas, identificando os processos naturais de formação de Províncias Espeleológicas nesse ambiente. Citam-se: Projeto RADAMBRASIL – DNPM (1974); Vasques e Rosa-Costa (2008); Ministério de Minas e Energia – MME (BRASIL, 2009); Dantas e Teixeira (2013). As informações específicas referentes à área da Província Espeleológica Altamira-Itaituba foram adquiridas com base no exame e análise de material bibliográfico e cartográfico, tendo como fontes: Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas / Instituto Chico Mendes (CECAV/ICMBio); Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE); Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM); arquivo técnico-científico do Grupo Espeleológico Paraense – GEP (GEP, 2001), artigos científicos (PINHEIRO; MAURITY; PEREIRA, 2015; PINHEIRO; MOREIRA; MAURITY, 2001) e documentos exigidos para a autorização da implantação do Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) de Belo Monte, tais como o Estudo de Impactos Ambiental (EIA) do AHE Belo Monte (ELETROBRÁS, 2009).

Os trabalhos de campo, segunda etapa da pesquisa, foram efetivados a partir do reconhecimento pormenorizado da área, da validação das informações e dados secundários, além de observação da paisagem e levantamento de informações diretas referentes aos aspectos socioeconômicos e ambientais. Nessa oportunidade, realizou-se uma análise da paisagem a partir da constatação das formas de uso e ocupação do solo, bem como levantamento de dados sobre a sócio-economia da região. O ambiente foi documentado e registrado por meio de fotografias e georreferenciado por GPS (Global Positioning System). Os trabalhos de campo corresponderam a três visitas técnicas (realizadas em maio e agosto de 2015 e dezembro de 2016), na Caverna do Limoeiro, localizada no município de Medicilândia. Além da validação dos dados bibliográficos e mapeamento espeleológico (GEP, 2001), foram descritos detalhamentos das características espeleométricas (medidas dos condutos e salões, tipos de espeleotemas, diversidade biológica, dentre outras), somando-se ainda as condições de conservação da cavidade e seu entorno, além das vias de acesso.

Uma vez reunidos os dados bibliográficos e de levantamentos de campo, obteve-se um diagnóstico conciso, elaborando-se a terceira e última etapa, que é o Zoneamento Ambiental Espeleológico (ZAE), onde foram definidas três zonas diferenciadas, baseado em AMAZONASTUR/PROECOTUR (2004), VOTORANTIM ENERGIA LTDA (2011) e CEVAC (2017): de Uso Intensivo; de Uso Extensivo; e Primitiva. Essa fase da pesquisa apresenta uma proposta de gestão no sentido de otimizar a geoconservação de cavernas, bem como efetivar a sua valorização ambiental e científica, como elemento da geodiversidade como um valor natural a ser conservado. Reconhecidos o valor natural e educacional das formações geológicas representadas pelas cavernas, sabe-se que estas são também habitat de uma fauna específica, a qual precisa ser preservada em razão de sua exclusividade biótica, pontos estes que foram observados para a definição das zonas.

No processo de gestão, faz-se necessário definir o volume de visitação (peridiocidade e quantidade), que está diretamente ligado à definição da capacidade de carga de cada ponto turístico (setor da caverna), limitando e/ou restringindo a visitação. A definição do perfil de visitantes é importante para se conhecer o que e como serão aplicadas as atividades no ambiente espeleológico, além do fato de que a intensidade e os tipos de impactos podem ser maiores ou menores. Cada grupo de visitantes tem uma percepção diferente sobre o meio que visita: existe o turista aventureiro, o turista familiar, ou mesmo o turista interessado somente na contemplação da paisagem. Lobo *et al* (2010) citam que o último passo para a análise do potencial turístico em cavernas é a definição dos volumes de visitação. Nesse sentido, criou uma tabela considerando cinco níveis de escala de visitação (Tabela 1).

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

Fonte: Lobo *et al*, 2010.

É neste momento que entra em discussão a proteção do ambiente natural, bem como suas características de fragilidade diante da pressão pelo uso antrópico.

A CAVERNA DO LIMOEIRO

Localizada no município de Medicilândia, a Caverna do Limoeiro está situada nas coordenadas 03° 30' 43.1" S e 52° 47' 49.1" W, registrando uma cota altimétrica aproximada de 142 metros. Desenvolve-se em uma encosta abrupta de uma serra onde afloram arenitos friáveis da Formação Maecuru, pertencente a Bacia Amazônica. O acesso a Caverna do Limoeiro é feito a partir da rodovia Transamazônica (BR-230), através do Km 80 no sentido Altamira-Itaituba, já nas proximidades da sede do município de Medicilândia, por meio do travessão Sul, onde estão localizadas as agrovilas Nova Fronteira e Tiradentes. A caverna está inserida dentro de uma fazenda produtora de cacau, a partir da sua sede, faz-se o percurso por uma trilha de 7 km, quase toda em veículo 4x4 (terreno de pasto e mata florestada), finalizando com uma pequena trilha dentro da mata de cerca de 300 metros a pé. De acordo com a versão preliminar dos estudos do Patrimônio Espeleológico para o EIA-RIMA da UHE Belo Monte (FADESP, 2001), a Caverna do Limoeiro apresenta cerca de 1.200m de desenvolvimento subterrâneo, com os eixos principais de suas galerias estendendo-se nas direções WNW-ESE, em forma aproximada de U.

No contexto da geodinâmica de formação da paisagem, aferiu-se o conhecimento da estrutura geológica e geomorfológica da Bacia Sedimentar Amazônica, base essencial no entendimento dos processos de desenvolvimento cárstico. A sequência evolutiva do revelo cárstico no arenito inicia-se pelo gradiente hidráulico e as zonas de percolação de água (planos de falhas/fraturas, acamamento, estratificação plano-paralela/cruzada, etc.), onde se desenvolvem fenômenos de dissolução por silícia. Na sequência, ocorre a perda de coesão do material arenoso, levando a remoção de partículas mais finas, processo denominado *pipping*. A abertura de condutos e salões subterrâneos segue com colapsos e deslizamentos por desabamento de blocos.

Não muito diferente do que ocorre na Província Espeleológica Altamira-Itaituba, outras regiões brasileiras de rochas silicosas também apresentam processo de desenvolvimento das cavernas em arenitos muito semelhantes. Destacam-se, como exemplos, os estudos realizados na Gruta Refúgio do Maroaga – AM (KARMANN, 1986), em São Jerônimo da Serra – PR (SPOLADORE, 2006), no Vale do Rio Barra Grande – SC (SANTOS, 2006), em cavernas do Paraná (SPOLADORE; COTTAS, 2007), na Serra do Lajeado – TO (MORAIS; SOUZA, 2009), na Chapada dos Guimarães – MT e

na Serra de Itaqueri – SP (HARDT *et al.*, 2009) e nos arenitos da Formação Furnas – PR (MASSUQUETO; GUIMARÃES; PONTES, 2011; MELO *et al.*, 2011).

Diante dessas referências e outros modelos analisados, Pinheiro, Maurity e Pereira (2015) sugeriram episódios sequenciais para explicar a ocorrência de cavernas na Província Espeleológica Altamira-Itaituba – PA:

A. Fraturamento da estrutura geológica, de origem tectônica, associado às variações isostáticas (processos de soerguimento regional da estrutura sedimentar), resultante da esculturação do relevo pela erosão;

B. Processos erosivos e intempéricos verificados pela subida do nível do lençol freático, submetendo o arenito a condições freáticas, configurando-se assim o início do processo de arenitização;

C. Oscilações do nível do lençol freático;

D. Erosão da rocha friável por fluxo dirigido pelas fraturas, levando a ampliação e exposição dos condutos e galerias em ambiente vadoso por meio da remoção de partículas da rocha induzida pelo fluxo hidráulico, ação gravitacional e escavação fluvial.

Em sua configuração morfológica, a caverna apresenta três acessos: a entrada principal, que tem aproximadamente 15 m de largura e 9 m de altura; a segunda entrada, com 5 m de altura; e uma menor, onde está configurada saída do rio. Em campo, constatou-se que o acesso mais utilizado pelos visitantes é o da ‘segunda entrada’, uma vez que oferece um acesso mais facilitado, logo que se chega na caverna. A terceira entrada, por onde escoa a água que vem de um rio subterrâneo que ressurge do interior da caverna, é onde caracteriza-se um amplo salão, quase isolado do conjunto geomorfológico da caverna.

Em toda a extensão da caverna do Limoeiro há dois braços de rio que se cruzam a cerca de 60m da entrada principal, fluindo em direção à parte externa por uma abertura localizada 30 m no setor noroeste da entrada principal. Por esta saída do rio (como indicado na planta da caverna) há uma pequena abertura na rocha, ficando inacessível a entrada de pessoas devido ao processo de sifonamento. Esta terceira entrada, por sua vez, em período chuvoso encontra-se alagada, enquanto no verão é possível notar as marcas deixadas pela água (Figura 2).



Figura 2. Salão de saída do rio da Caverna do Limoeiro. Foto: Acervo dos Autores, agosto/2015.

A caverna do Limoeiro é a segunda maior cavidade da Província Espeleológica Altamira-Itaituba, sendo apenas menor que a caverna da Planaltina (1.500m, sendo esta a maior cavidade em arenito registrada no Brasil). É uma área espeleológica propícia para visitação controlada, tendo uma concentração maior de guano somente nas galerias mais interiores. Há qualidades para que o turismo e lazer, por meio de passeios guiados, sejam empregados após a implementação do Zoneamento Ambiental Espeleológico (ZAE).

Suas características paisagísticas, com atrativos interessantes de espeleotemas em arenitos, belas sequências de estratificações aparentes nas paredes e afloramentos de rochas argilosas (folhelho negro, em forma de lente), além das condições de salubridade mais favoráveis que as demais cavernas da província, justificam um maior incentivo ao espeleoturismo e necessidade de geoconservação de seus atrativos (Figura 3).

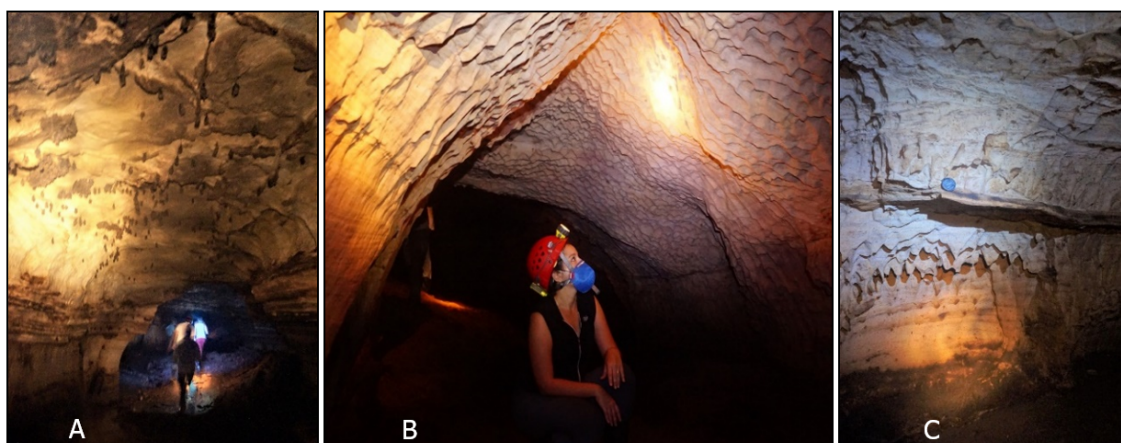


Figura 3. (A) Afloramento de folhelhos ao longo da Galeria Suja; (B) Estrutura em formas de *scallops* no teto da Galeria Suja; (C) Detalhe de *scallops* observados localmente nas paredes e teto da Galeria Suja.

Fotos: Acervo dos Autores, maio/2015.

Sobre a análise da bioespeleologia local foi constatado que por situar em plena floresta Amazônica há um microclima e grande biodiversidade que é característica desse bioma, sendo que a biodiversidade não seria diferente no interior das cavernas amazônicas. Diante do isolamento condicionado pela pouca ou ausência de luz, a maior parte da fauna da Caverna do Limoeiro configura-se por espécies troglóxenas, ou seja, que se utilizam desses ambientes como abrigo ou em apenas uma fase do seu ciclo de vida. Já com relação às espécies troglóbias e (ou) em estado de troglomorfação – se exige um estudo mais aprofundado, pois são espécies totalmente confinadas ao isolamento, a biodiversidade, portanto é menor, sendo registrados mais frequentemente espécies troglófilas tais como aranhas e grilos de caverna.

Diante das características endógenas e exógenas da Caverna do Limoeiro, a presente pesquisa buscou exemplificar um modelo de ZAE que integre práticas de visitas guiadas e geoconservação para ambientes espeleológicos da Amazônia.

PROPOSTA DE ZONEAMENTO AMBIENTAL ESPELEOLÓGICO DA CAVERNA DO LIMOEIRO

Considerando-se a possibilidade de visitação e as características geológicas, definiu-se uma proposta de zoneamento espeleológico para a Caverna do Limoeiro. A partir dos critérios das *Diretrizes e orientações técnicas para a elaboração de Planos de Manejo Espeleológico (PME)* (CECAV/ICMBio, 2008), foram definidas três zonas para a Caverna do Limoeiro: Zona de Uso Intensivo; Zona de Uso Extensivo; e Zona Primitiva (Figura 4).

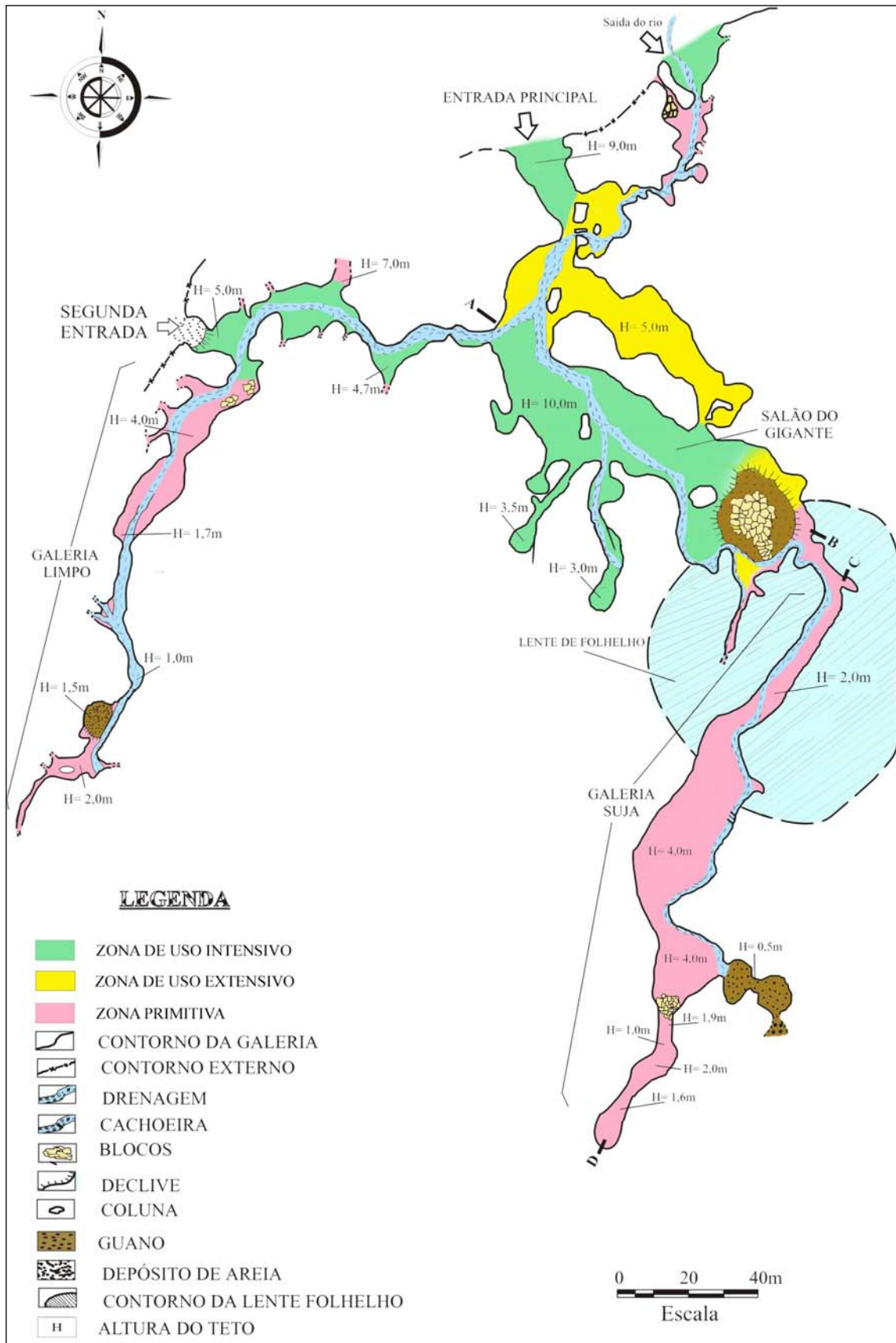


Figura 4. Proposta de ZAE da caverna do Limoeiro (PA). Fonte da planta baixa: GEP, 2001.

Zona de Uso Intensivo

A Zona de Uso Intensivo, como a própria denominação explícita, condiz com a área da caverna onde será permitido um uso para fins de visitação turística guiada, sempre com o objetivo de estimular a conscientização ecológica e a educação ambiental, bem como compartilhar o conhecimento sobre os processos geológicos que geraram esse atrativo espeleológico.

É uma zona constituída por áreas naturais, nas quais a intervenção humana é permitida de forma controlada. Na maioria dos planos de manejo propõe-se a instalação de benfeitorias de acesso, tais como passarelas, corrimãos e iluminação artificial. Contudo, na Caverna do Limoeiro é possível realizar a visitação sem a instalação destes equipamentos, desde que haja a autorização do CECAV, sendo garantida a segurança do caminhar de seus visitantes com uso de capacetes e botas de borracha. Para evitar maiores interferências no interior e entorno da caverna, a iluminação artificial pode ser aplicada com uso de lanternas de mão ou inseridas no suporte dos capacetes dos visitantes e seus respectivos guias (Figura 5).



Figura 5. Área da Caverna do Limoeiro, próxima da segunda entrada, onde seria permitida visitação do público com uso de equipamento de proteção individual. Foto: Acervo dos Autores, maio/2015.

Importante frisar que não é porque nesta zona será permitida a visitação, ainda que controlada, que não haja um ecossistema frágil com relação àquele espaço, pois há uma dinâmica geológica-geomorfológica ocorrendo de forma constante. O ecossistema cavernícola e os fenômenos naturais detêm um grande valor científico, daí a possibilidade de observação e conhecimento sobre a necessidade de conscientização sobre o uso sem causar maiores impactos.

Sendo assim, como é uma zona de uso intensivo, seria permitido o acesso de grupos pré-agendados e com um mínimo de conhecimentos espeleológicos, sempre acompanhados por guias, considerando níveis de escala de visitação restrita, proposta por Lobo *et al* (2010), como demonstrado na Tabela 2. A projeção dos cenários deve levar em conta os perfis de público e seu nível de interesse de acordo com os diferentes tipos de experiência de visitação, tendo como principal condicionante o grau de risco ao visitante. Inclui, ainda, o importante fator referente a necessidade de sustentabilidade socioeconômica das comunidades locais focadas para o desenvolvimento turístico da região.

Tabela 2. Cenários de visitação projetados.

Atrativo turístico	Escala (pessoas/grupo)	Total proposto (visitas/dia)
Caverna do Limoeiro	Restrita (6)	24

Fonte: Baseado em Lobo *et al*, 2010.

A zona de uso intensivo da Caverna do Limoeiro está representada, inicialmente, pelas áreas da entrada principal, segunda entrada (Figura 6) e de saída do rio (que também pode ser reconhecida como uma terceira entrada), as quais constam de uma zona disfótica de pouca iluminação ou de penumbra. Seguindo para o interior da caverna pela chamada segunda entrada, tem-se uma área afótica que seria destinada a visitação do público, sempre com acompanhamento de guias locais. Esta zona de uso intensivo estende-se junto ao rio até o Salão do Gigante, finalizando ao se deparar com o paredão que apresenta lentes de folhelhos, que por esta razão trata-se de uma área biologicamente importante e passiva de processos erosivos a partir do pisoteio, havendo assim a necessidade de instalação de equipamentos de proteção.



Figura 6. Ponto de visitação do público localizado próximo a segunda entrada da Caverna do Limoeiro.

Foto: Acervo dos Autores, maio/2015.

Vale ressaltar que qualquer tipo de visitação deverá ser suspensa a partir do momento em que se constatarem riscos de escorregamento ou acidentes para os visitantes, sejam de ordem turística ou técnico-científica.

Zona de Uso Extensivo

A Zona de Uso Extensivo corresponde a partes da caverna constituídas por áreas naturais, ainda que possam apresentar instalação de equipamentos de proteção e contemplação como forma de facilitar a acessibilidade, mesmo não sendo totalmente recomendado. Em alguns pontos, corresponde às áreas intermediárias entre a zona

primitiva e a de uso intensivo, uma vez que apresenta percursos e pontos interpretativos que possam vir a ser utilizados pela visitação pública.

Esta zona tem como principal recomendação de uso o desenvolvimento de pesquisas científicas, principalmente onde o ambiente espeleológico está mais conservado. Trata-se de um ambiente em que é permitida a visitação, buscando-se o mínimo de impacto por parte dos visitantes, é, portanto, uma área destinada à estudos específicos, além de abranger um setor para manutenção e conservação do ecossistema cavernícola.

Dentro da Caverna do Limoeiro, algumas das áreas destinadas a compor a zona de uso extensivo apresentam feições de interesse a um público especializado (formados por estudiosos e técnicos que possuem conhecimentos espeleológicos). Logo no final do Salão do Gigante, junto a um conjunto de blocos abatidos, tem-se uma das áreas de transição entre a zona primitiva e a de uso intensivo. Nesta zona, inicia-se um interessante afloramento de lentes de folhelhos (Figura 7).

Outro ponto sugerido como zona de uso extensivo encontra-se próximo à entrada principal até o início do Salão Gigante. Na segunda entrada, a sua esquerda, há uma ocorrência de afloramento, logo a sua direita.



Figura 7. Área da ocorrência de lentes de folhelhos, na Caverna do Limoeiro.
Fotos: Acervo dos Autores, maio/2015.

Zona Primitiva

A Zona Primitiva é uma área da caverna do Limoeiro que deve ser destinada a preservação, sem que haja qualquer tipo de atividade que possa causar alteração ou intervenção por parte dos visitantes. Esse ambiente espeleológico reserva-se a permanência intocada dos elementos bióticos e abióticos, trata-se assim de uma zona destinada à manutenção da integridade dos seus elementos espeleológicos e biológicos.

Justifica-se, contudo, a importância ambiental da Zona Primitiva, uma vez que as suas características naturais como ambiente de caverna, representam um grande valor científico, tais como feições espeleológicas especiais e uma maior ocorrência de espécies endêmicas, principalmente as dependentes do meio afótico. Os processos mais significativos da

dinâmica dos sistemas cársticos subterrâneos encontram-se nessa área, além de servir para preservar os sumidouros e (ou) ressurgências de fluxos d'água subterrâneos.

A visitação deve ser extremamente restrita, sendo destinada somente à pesquisa técnico-científica. Nesta zona há uma maior ocorrência de espécies cavernícolas, sendo mais comuns os depósitos de guano, o que favorece a presença de insetos diversos e endêmicos, dentre os quais alguns podem ser desconhecidos quanto a uma possível nocividade exigindo assim um estudo mais profundo desta biota.

Foram sugeridas para reserva da zona primitiva as áreas em que ocorrem:

- as ressurgências e sumidouros dos fluxos hídricos subterrâneos;
- expressivos depósitos de guano, dada a presença marcante de morcegos no interior da caverna;
- maior parte do afloramento da lente de folhelho, está localizado no início da Galeria Suja, área popularmente conhecida como Salão Vermelho, devido à forte cor avermelhada presente no teto (Figura 8);
- ocorrem feições cársticas comuns ao arenito, tais como ocorrência de scallops (Figura 9);
- existe um maior agrupamento de comunidade de espécies biológicas (Figura 9).



Figura 8. Salão Vermelho com lente de folhelho, localizado no início da Galeria Suja da Caverna do Limoeiro. Foto: Acervo dos Autores, agosto/2015.



Figura 9. Galeria Suja da Caverna do Limoeiro, com ocorrência de *scallops* (a esquerda) e presença de comunidade de amblipígeos (a direita). Fotos: Acervo dos Autores, maio/2015.

As galerias denominadas de Limpo e Suja apresentam-se totalmente preservadas, pois além de conterem as características descritas, representam um maior risco a segurança do ser humano para sua visita, por conta da passagem de fluxo d'água em quase toda extensão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cavernas são ambientes que necessitam de maiores cuidados quanto à segurança de seus visitantes no ambiente exocárstico e endocárstico, haja vista os riscos gerados pelos processos erosivos dinâmicos, em que são imprevisíveis, por exemplo, os momentos em que possam ocorrer colapsos de blocos entre outros acidentes físico-geográficos. Diante desse fato, não foi constatado nenhum tipo de Planos de Manejo ou qualquer tipo de efetivação de Unidade de Conservação (UC) na área da Caverna do Limoeiro e em seu entorno geográfico. As cavernas exigem uma abordagem especial, por tratarem de ambientes onde a dinâmica da paisagem é contínua e suas potencialidades contam com altos índices de fragilidade e vulnerabilidade ambiental. Soma-se, ainda, que na Caverna do Limoeiro destaca-se o desenvolvimento de um carste em arenitos. Os processos de formação da caverna são bastante específicos, uma vez que estão condicionados principalmente pelo desgaste mecânico das rochas, iniciados pela arenitização, deixando os processos de dissolução das rochas em segundo plano (ao contrário do que ocorre em rochas calcárias). Nesse sentido, ainda há muito que estudar sobre esse tipo de carste, necessitando assim de um plano de conservação.

Constatou-se a depredação de algumas feições cársticas, principalmente nas áreas mais próximas as entradas da caverna, onde são visíveis pichações e rasuras em baixo relevo em suas paredes e tetos decorrentes da visitação desordenada e sem conscientização ambiental. Infelizmente, tal ação torna em alguns casos a recuperação dos elementos espeleológicos irreversível, por se tratar de um impacto físico-ambiental permanente.

Uma das ferramentas necessárias a proposta de proteção de cavernas é o Plano de Manejo Espeleológico (PME). Esta pesquisa não construiu um PME, mas traz um modelo de Zoneamento Ambiental Espeleológico (parte do PME) como proposta adequada, semelhante ao que foi adotado nos modelos de ZAE da Caverna do Maragoara (AM) e da Gruta do Bom Sucesso (PR). Para a Caverna do Limoeiro foram estabelecidas também três zonas com usos diferenciados de acordo com suas características ambientais: Zona de Uso Intensivo; Zona de Uso Extensivo e Zona Primitiva. A ideia é aumentar a proteção ambiental, mas oportunizando a contemplação e a prática de atividades de lazer, educacional técnica e científica em ambientes espeleológicos e mais especificamente na caverna em estudo.

É importante frisar a importância do ZAE, o qual traz algumas possibilidades para o planejamento espeleológico, que além do zoneamento do ambiente cárstico apresenta os limites de uso em função das características de cada zona e dos tipos de público (educacional, turístico, científico, etc.), sendo assim um princípio norteador para a definição futura da capacidade de carga preliminar.

REFERÊNCIAS

- AMAZONASTUR/PROECOTUR. **Plano de manejo espeleológico e projetos específicos de infra-estrutura e sinalização da caverna do Maroaga - Presidente Figueiredo/AM**. Presidente Figueiredo: Ecosistema Consultoria Ambiental, 2004.
- BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Avaliação Ambiental Integrada-AAI: aproveitamentos hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu**. São Paulo: Eletrobrás, 2009. v. I e II

- CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS (CECAV/ICMBIO). **II Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental**. Brasília: CECAV/ICMBio, 2008.
- CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS (CECAV/ICMBIO). **Diretrizes e orientações técnicas para a elaboração de planos de manejo espeleológico**. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/cecav/images/stories/downloads/Orientacoes/Diretrizes_PME_sitio_CECAV.pdf. Acesso em: 16 jan. 2017.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. Resolução Conama n. 347, de 10 de setembro de 2004. Publicada no DOU n. 176, de 13 de setembro de 2004, Seção 1, p. 54-55. **Resoluções do Conama**. 2004. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/cecav/images/stories/downloads/Legislacao/Res_CONAMA_347_2004.pdf. Acesso em: 15 jan. 2017.
- DANTAS, M. E.; TEIXEIRA, S. G. Origem das paisagens. In: JOÃO, X. S. J. **Geodiversidade do Estado do Pará**. Belém: CPRM, 2013.
- ELETRORÁS. **Aproveitamento hidrelétrico Belo Monte**: estudo de impacto ambiental. Brasília: Centrais Elétricas do Norte do Brasil (ELETRONORTE), 2009.
- FUNDAÇÃO DE AMPARO E DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA-FADESP. **EIA –RIMA UHE Belo Monte, estudo do meio físico**: patrimônio espeleológico – relatório final (versão preliminar I). Belém: FADESP, 2001.
- GRUPO ESPELEOLÓGICO PARAENSE-GEP. Patrimônio espeleológico: cavernas areníticas do trecho Altamira-Itaituba, PA. **Relatório Interno Inédito**, 2001.
- HARDT, R.; RODET, J.; PINTO, S. dos A.F.; WILLEMS, L. Exemplos brasileiros de carste em arenito: Chapada dos Guimarães (MT) e Serra de Itaqueri (SP). **Espeleo-Tema**, v. 20, n. 1/2, p. 07-23. 2009.
- KARMANN, I. Caracterização geral e aspectos genéticos da gruta arenítica “Refúgio do Maroaga”, AM-02. **Espeleo-Tema**. Campinas, v. 15, p. 9-18, 1986.
- LOBO, H. A. S. Zoneamento ambiental espeleológico (ZAE): aproximação teórica e delimitação metodológica. **Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas**, v. 2, n. 2, p. 113-129. 2009.
- LOBO, H. A. S. *et al.* Planejamento ambiental integrado e participativo na determinação da capacidade de carga turística provisória em cavernas. **Turismo e Paisagens Cársticas**, v. 3, n. 1, p. 31-43, 2010.
- MARRA, R. J. C. **Espeleo turismo**: planejamento e manejo de cavernas. Brasília: Editora WD Ambiental, 2001.
- MASSUQUETO, L. L.; GUIMARÃES, G. B.; PONTES, H. S. Geossítio do Sumidouro do Rio Quebra-Perna (Ponta Grossa, PR, Brasil): relevante exemplo de sistema cárstico nos arenitos da Formação Furnas. **Espeleo-Tema**, Campinas: SBE, v. 22, n. 1, 2011.
- MELO, M. S. de; GUIMARÃES, G. B.; PONTES, H. S. Carste em rochas não-carbonáticas: o exemplo dos arenitos da Formação Furnas, Campos Gerais do Paraná/Brasil e as implicações para a região. **Espeleo-Tema**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 81-95, 2011. Disponível em: http://www.sbe.com.br/espeleo-tema/espeleo-tema_v22_n1_081-097.pdf. Acesso em: 15 jan. 2017.
- MORAIS, F.; SOUZA, L. B. Cavernas em arenito na porção Setentrional da Serra do Lajeado Estado do Tocantins, Brasil. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 9, n. 2, p. 1-13, 2009.
- PINHEIRO, R.V.L.; MAURITY, C.W. PEREIRA, E. Cavernas em arenito da Província Espeleológica Altamira Itaituba: dados espeleogenéticos com base no exemplo da Gruta das Mãos (PA), Amazônia, Brasil. **Espeleo-Tema**. Campinas: SBE, v. 26, n. 1, p. 5-18, 2015.
- PINHEIRO, R. V. L.; MOREIRA, J. R. A.; MAURITY, C. W. The Eastern Amazonian

- Caves. **Anais Speleo Brazil 2001**. Brasília: SBE, 2001.
- PINHEIRO, R.V.L.; MAURITY, C.W. As cavernas em rochas intempéricas da Serra dos Carajás Brasil. *In*: CONGRESSO DE ESPELEOLOGIA DA AMÉRICA LATINA E DO CARIBE. 1., 1988, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: SBE, 1988. p. 179-186.
- PROJETO RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais Volume 05**: Folha SA22 Belém; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Ministério das Minas e Energia – MME/DNPM, Rio de Janeiro, 1974.
- SANTOS, S. R. F. **Espeleogênese dos abrigos areníticos com registros arqueológicos no Centro-Norte Catarinense**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba, 2006.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA - SBE. **Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil**. Disponível em: <http://cnc.cavernas.org.br/cnc/Stats.aspx>. Acesso em: 30 nov. 2016.
- SPOLADORE, A. **A geologia e a geoespeleologia como instrumentos de planejamento para o desenvolvimento do turismo: o caso de São Jerônimo da Serra / PR**. Tese (Doutorado) UNESP / Campus de Rio Claro, SP. 2006.
- SPOLADORE, A.; COTTAS, L. R. Ornamentos de cavernas areníticas. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA. 29., 2007, Ouro Preto–MG. **Anais [...]**. Ouro Preto/MG: Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2007.
- VASQUES, M. L.; ROSA-COSTA, L. T. (orgs.). **Geologia e recursos minerais do Estado do Pará**: sistema de informações geográficas–SIG: texto explicativo dos mapas Geológico e Tectônico e de Recursos Minerais do Estado do Pará. Organizadores, Escala 1:1.000.000. Belém: CPRM, 2008.
- VOTORANTIM ENERGIA LTDA. **Plano de conservação e manejo da Gruta do Bom Sucesso**. Curitiba/PR: Ecosistema Consultoria Ambiental, 2011.