

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
MESTRADO EM GESTÃO DO TERRITÓRIO

LAÍS LUANA MASSUQUETO

**ESTUDO DO MANEJO TURÍSTICO NA GRUTA DE PINHEIRO SECO (PR):  
ESTRATÉGIAS PARA A GEOCONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO  
ESPELEOLÓGICO**

PONTA GROSSA  
2013

LAÍS LUANA MASSUQUETO

**ESTUDO DO MANEJO TURÍSTICO NA GRUTA DE PINHEIRO SECO (PR):  
ESTRATÉGIAS PARA A GEOCONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO  
ESPELEOLÓGICO**

Dissertação apresentada para  
obtenção do título de mestre na  
Universidade Estadual de Ponta  
Grossa, Programa de Pós-  
Graduação em Geografia, Mestrado  
em Gestão do Território.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Jasmine  
Cardozo Moreira

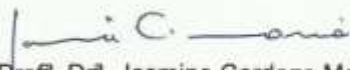
PONTA GROSSA  
2013

## TERMO DE APROVAÇÃO

Laís Luana Massuqueto

### "ESTUDO DO MANEJO TURÍSTICO NA GRUTA DE PINHEIRO SECO (PR) ESTRATÉGIAS PARA A GEOCONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO"

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Geografia – Mestrado em Gestão do Território, Setor de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:   
Prof.ª. Dr.ª. Jasmine Cardozo Moreira  
UEPG

  
Prof. Dr. Heros Augusto Santos Lobo  
UFSCAR

  
Prof. Dr. Antônio Liccardo  
UEPG

Ponta Grossa, 26 de março 2013.

Dedico este trabalho ao meu namorado Henrique.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente aos meus pais, pelo carinho, por sempre estarem presentes e serem tão compreensíveis.

Ao meu namorado Henrique, pelo companheirismo e pela ajuda fundamental durante a produção deste trabalho.

À Professora Jasmine, pela orientação e principalmente por ter aceitado meu tema de pesquisa desde o início, me ajudando a construir esse trabalho.

À minha querida irmã Lílian, sempre tão amiga e presente em minha vida. Agradeço também por ela e o Binho terem ajudado durante as fases de campo.

A todos os amigos do Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas - GUPE, pois sem eles este trabalho seria impossível. Um agradecimento especial aos membros: Henrique, Heder, Daniella, Felipe, Pâmela, Rafael, João, Fernanda, Andressa, Diogo, Igor e Fernando, os quais estiveram presentes na Expedição Pinheiro Seco II.

Ao Tiago, pela disponibilidade em “dar carona” até as cavernas sempre que possível e também pela ajuda com o acervo fotográfico.

Ao Seu Eurico e toda a sua família, por toda a hospitalidade, por sempre disponibilizar ao GUPE o quintal de sua casa para os acampamentos e por toda a “prosa” que sempre acabava revelando novas histórias sobre as cavernas da região.

Aos moradores da região de Pinheiro Seco, todos tão receptivos, sempre prontos a ajudar. Muito foi aprendido com eles.

Aos professores Heros e Liccardo, por contribuírem significativamente para a finalização deste trabalho.

À Ana Maria, por me ajudar com a tradução do texto.

À CAPES pelo auxílio financeiro.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa.

*“A ciência é feita de erros, mas de erros que levam, pouco a pouco, à verdade”*  
*Júlio Verne*

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo realizar um estudo sobre o manejo turístico na gruta de Pinheiro Seco, situada na tríplice divisa dos municípios de Castro, Doutor Ulysses e Cerro Azul, no Estado do Paraná. As cavernas existentes nesta região estão inseridas na Província Espeleológica do Vale do Ribeira e têm seu desenvolvimento em rochas carbonáticas pertencentes ao Grupo Itaiacoca (metadolomitos e metacalcários). A região de Pinheiro Seco apresenta significativa potencialidade geoturística, pois neste local está uma das maiores concentrações de cavernas carbonáticas do Estado. As cavidades possuem grande valor científico, justificado pela diversidade de feições presentes nestes ambientes, as quais evidenciam processos genéticos e evolutivos. As galerias subterrâneas destacam-se por suas dimensões, estando entre as maiores cavernas do Estado, ultrapassando centenas de metros de desenvolvimento linear. Além disso, a diversidade de espeleotemas propicia singularidade e beleza às cavernas. Atualmente, são conhecidas nesta região inúmeras cavidades subterrâneas, sendo as seguintes indicadas neste trabalho: gruta de Pinheiro Seco, gruta Ribeirão do Areial, gruta Catedral da Luz, caverna Barreiro do Imbuial e caverna do Monjolo. O local ainda possui outras cavernas conhecidas, porém ainda não estudadas, bem como demonstra alta probabilidade de novas descobertas espeleológicas. Apesar desta região ainda não ser um pólo turístico, ocorrem algumas visitas às cavernas sem nenhum tipo de controle, o que pode causar diversos riscos ao patrimônio espeleológico. Pelo fato desta área ser de grande importância ambiental, a combinação do turismo com ações objetivando mínimo impacto sobre a geodiversidade e biodiversidade na área em questão é primordial, visto que sem uma gestão do turismo local os sítios naturais ali presentes estarão sujeitos a diversos impactos negativos resultando, conseqüentemente, na degradação do meio natural. Pesquisas espeleológicas, envolvendo mapeamento e levantamentos ambientais diversos, foram realizados nessas cavidades subterrâneas com a finalidade de identificar e caracterizar o potencial natural e geoturístico da área foco dessa dissertação. Além destes levantamentos, foi desenvolvido um estudo piloto na região sobre capacidade de carga turística e mapeamentos de fragilidades ambientais, na gruta de Pinheiro Seco. Com os resultados destes estudos é possível indicar ações que disciplinem o uso turístico dos locais naturais na região, visando a geoconservação.

**Palavras-chave:** Manejo turístico. Geoturismo. Espeleologia. Pinheiro Seco.

## ABSTRACT

This work aims to study on the tourist management in Pinheiro Seco cave, located at the triple border among the municipalities of Castro, Dr. Ulysses and Cerro Azul, in state of Paraná. The caves that exist in this region are inserted in the Ribeira Valley Speleological Province and are developed in carbonate rocks belonging to the Itaiacoca Group (metadolomites and limestones). The Pinheiro Seco region demonstrates enormous potential of geotourism inasmuch as at this location there is one of the largest concentrations of carbonate caves in the state. The caves have great scientific value, justified by the diversity of features existing in such environment, which evidence genetic and evolutionary processes. The underground galleries stand out for greatness, being among the largest caves of the state, surpassing hundreds of meters of linear development. Furthermore, the variety of speleothems provides uniqueness and beauty to the caves. Currently, numerous caves are known in this region, which are the following presented in this work: Pinheiro Seco cave, Ribeirão Areial grotto, Catedral da Luz cave, Barreiro Imbuial cave and Monjolo cave. The local has other known caves, but not yet studied, as well as the place demonstrates a high probability of new speleological discoveries. Although this region is not yet a tourist hub, a few visits occur to the caves without any type of control, which may cause various risks to the speleological patrimony. Because this area is of great environmental importance, the combination of tourism with actions aiming minimal impact on geodiversity and biodiversity is essential, insofar as without a management of local tourism the natural site will be subject to various negative impacts resulting, consequently, in the degradation of this natural environment. Speleological researches, evolving several environmental mapping and surveying, were accomplished in order to identify and to characterize the natural and geotourism potential of the area subject of this essay. Beyond such surveying, a pilot study was developed in the region about the tourism carrying capacity and a map of the environmental weaknesses, in the Pinheiro Seco cave. The results may indicate actions to discipline the tourism use of natural resources in the region, seeking the geoconservation.

**Keywords:** Tourist management. Geotourism. Speleology. Pinheiro Seco.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1- Mapa de localização das cavidades subterrâneas da região de Pinheiro Seco ..... | 16 |
| Figura 2 - Mapa geológico da região de Pinheiro Seco .....                                | 26 |
| Figura 3 - Aspectos do relevo cárstico na região de Pinheiro Seco .....                   | 28 |
| Figura 4 - Dolina de dissolução próximo ao rio Turvo .....                                | 29 |
| Figura 5 - Dolina de dissolução próximo à gruta de Pinheiro Seco .....                    | 29 |
| Figura 6 - Aspecto do relevo nas proximidades da gruta de Pinheiro Seco .....             | 29 |
| Figura 7 - Geral da área onde está situada a gruta de Pinheiro Seco.....                  | 29 |
| Figura 8 - <i>Canyon</i> do rio Turvo .....                                               | 29 |
| Figura 9 - Exploração de abrigo no rio Turvo .....                                        | 29 |
| Figura 10 - Mapa espeleológico da gruta de Pinheiro Seco .....                            | 31 |
| Figura 11 - Gruta Ribeirão do Areial .....                                                | 32 |
| Figura 12 - Mapa espeleológico da gruta Ribeirão do Areial .....                          | 33 |
| Figura 13 - Entrada da gruta Catedral da Luz .....                                        | 34 |
| Figura 14 - Mapa espeleológico da gruta Catedral da Luz .....                             | 35 |
| Figura 15 - Mapa espeleológico da caverna Barreiro do Imbuial .....                       | 37 |
| Figura 16 - Entrada da caverna Barreiro do Imbuial .....                                  | 38 |
| Figura 17 - Mapa espeleológico da caverna do Monjolo .....                                | 39 |
| Figura 18 - Caverna do Monjolo .....                                                      | 40 |
| Figura 19 - Mapa do roteiro geoturístico da gruta de Pinheiro Seco .....                  | 53 |
| Figura 20- Altar e pia batismal na entrada da gruta de Pinheiro Seco .....                | 56 |
| Figura 21 - Escrita situada em parede na entrada da gruta .....                           | 56 |
| Figura 22 - Foto histórica da gruta de Pinheiro Seco, datada de 1947 .....                | 57 |
| Figura 23 - Salão onde se situa o ponto 2 do roteiro .....                                | 57 |
| Figura 24 - Cúpula de dissolução .....                                                    | 59 |
| Figura 25 - Marca da perfuração para introdução dos explosivos .....                      | 60 |
| Figura 26 - Camadas de deposição carbonática .....                                        | 60 |
| Figura 27 - Pichações em paredes. ....                                                    | 61 |
| Figura 28 - Represas de travertinos .....                                                 | 63 |
| Figura 29 - Salão do silêncio .....                                                       | 64 |
| Figura 30 - Cascatas de rocha e colunas .....                                             | 65 |

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 31 - Final da trilha básica da gruta de Pinheiro Seco .....              | 66 |
| Figura 32 - Ninho de pérolas no início da trilha secundária .....               | 66 |
| Figura 33 - Entrada para nível inferior .....                                   | 67 |
| Figura 34 - Buraco situado no ponto 11 .....                                    | 67 |
| Figura 35 - Aglomerados de canudos .....                                        | 69 |
| Figura 36 - Estruturas do tipo <i>scallops</i> .....                            | 69 |
| Figura 37 - Morcego encontrado no ponto 14 do roteiro geoturístico .....        | 71 |
| Figura 38 - Acúmulo de guano no ponto 14 .....                                  | 71 |
| Figura 39 - Estalactite excêntrica .....                                        | 72 |
| Figura 40 - Pequenas helictites .....                                           | 72 |
| Figura 41 - Espeleogen com formato semelhante a uma perna .....                 | 73 |
| Figura 42 - Principal local com deposição clástica da gruta.....                | 75 |
| Figura 43 - Pequeno duto denominado de “caverna em miniatura” .....             | 75 |
| Figura 44 - Final da trilha secundária da gruta de Pinheiro Seco .....          | 76 |
| Figura 45 - Mapa de fragilidade da geodiversidade da gruta de Pinheiro Seco ... | 93 |
| Figura 46 - Mapa de fragilidade do nível de circulação de energia (NCE) .....   | 95 |
| Figura 47 - Mapa de fragilidade ambiental da gruta de Pinheiro Seco.....        | 97 |

## LISTA DE QUADRO E TABELAS

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1 - Método de graduação BCRA.....                                                      | 19 |
| Tabela 1 - Classificação dos pesos referente ao Nível de Circulação de<br>Energia (NCE) ..... | 84 |
| Tabela 2 - Níveis de fragilidades ambientais .....                                            | 90 |
| Tabela 3 - Valores das fragilidades de cada tema (geodiversidade) .....                       | 91 |
| Tabela 4 - Valores das fragilidades de cada tema (NCE).....                                   | 91 |

## SUMÁRIO

|                                                                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                              | <b>13</b> |
| 1.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....                                                                                 | 15        |
| 1.3 OBJETIVOS .....                                                                                                     | 17        |
| 1.3.1 Objetivo Geral .....                                                                                              | 17        |
| 1.3.2 Objetivos Específicos .....                                                                                       | 17        |
| 1.4 MATERIAIS E MÉTODOS.....                                                                                            | 17        |
| <br><b>2. O CARSTE DA REGIÃO DE PINHEIRO SECO .....</b>                                                                 | <b>22</b> |
| 2.1 CARSTE E CAVERNAS .....                                                                                             | 22        |
| 2.2 CONTEXTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO DA REGIÃO DE<br>PINHEIRO SECO .....                                             | 25        |
| 2.3 CAVERNAS DA REGIÃO DE PINHEIRO SECO .....                                                                           | 30        |
| 2.3.1 Gruta de Pinheiro Seco .....                                                                                      | 30        |
| 2.3.2 Gruta Ribeirão do Areial .....                                                                                    | 32        |
| 2.3.3 Gruta Catedral da Luz .....                                                                                       | 34        |
| 2.3.4 Caverna Barreiro do Imbuial.....                                                                                  | 36        |
| 2.3.5 Caverna do Monjolo .....                                                                                          | 38        |
| <br><b>3. GEOTURISMO E PATRIMÔNIO GEOLÓGICO .....</b>                                                                   | <b>41</b> |
| 3.1 A GEOCONSERVAÇÃO E O PATRIMÔNIO GEOLÓGICO .....                                                                     | 41        |
| 3.2 GEOTURISMO .....                                                                                                    | 43        |
| 3.3 DIRETRIZES PARA VISITAÇÃO EM CAVERNAS .....                                                                         | 48        |
| 3.4 TRILHAS .....                                                                                                       | 49        |
| 3.5 ROTEIRO GEOTURÍSTICO NA GRUTA DE PINHEIRO SECO .....                                                                | 51        |
| <br><b>4. CAPACIDADE DE CARGA TURÍSTICA E MAPEAMENTO DE<br/>FRAGILIDADES AMBIENTAIS EM CAVIDADES SUBTERRÂNEAS .....</b> | <b>78</b> |
| 4.1 CAPACIDADE DE CARGA TURÍSTICA.....                                                                                  | 78        |
| 4.1.2 ESTUDO DE CAPACIDADE DE CARGA NA<br>GRUTA DE PINHEIRO SECO .....                                                  | 79        |
| 4.1.2.1 <i>Capacidade de Carga Física (CCF)</i> .....                                                                   | 79        |

|                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.1.2.2 <i>Capacidade de Carga Real (CCR)</i> .....                          | 81         |
| 4.2 MAPEAMENTO DE FRAGILIDADES AMBIENTAIS NA GRUTA DE<br>PINHEIRO SECO ..... | 89         |
| 4.2.1 Fragilidade da Geodiversidade .....                                    | 92         |
| 4.2.2 Fragilidade do Nível de Circulação de Energia (NCE).....               | 94         |
| 4.2.3 Integração dos mapas de fragilidade.....                               | 96         |
| <br><b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....                                        | <b>99</b>  |
| <br><b>REFERÊNCIAS</b> .....                                                 | <b>102</b> |
| <br><b>APÊNDICE</b> .....                                                    | <b>107</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

Situadas nos municípios de Castro, Cerro Azul e Doutor Ulysses, no Estado do Paraná, as cavidades subterrâneas encontradas na região de Pinheiro Seco desenvolvem-se em rochas carbonáticas pertencentes ao Grupo Itaiacoca, e estão inseridas na Província Espeleológica do Vale do Ribeira. Esta região foi primeiramente investigada no final da década de 80 por membros do Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas (GUPE) e também pelo Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná (GEEP Açungui). A região é assim denominada pela alusão à maior e mais conhecida cavidade subterrânea da área, a gruta de Pinheiro Seco.

As cavidades desta região possuem grande valor científico, justificado pela diversidade de feições que evidenciam processos genéticos e a evolução destes ambientes. Destacam-se pela grandeza, estando entre as maiores cavernas do Estado do Paraná (segundo dados do Cadastro Nacional de Cavernas da Sociedade Brasileira de Espeleologia<sup>1</sup>), ultrapassando centenas de metros de desenvolvimento linear, sendo constituídas por uma diversidade de espeleotemas que proporcionam singularidade e beleza às cavernas.

Sendo uma área de importância ambiental, torna-se necessário realizar atividades que proporcionem o mínimo impacto ambiental, tanto no meio biótico quanto abiótico. A falta de uma gestão de turismo local faz com que a área esteja sujeita a diversos impactos negativos, que podem ocasionar a degradação ambiental. Mesmo com a inexistência de infraestrutura turística, as cavernas recebem visitantes, não havendo controle do número de turistas, nem monitores capacitados para realizar o acompanhamento às cavidades.

O geoturismo é uma atividade que exige diversos estudos para o manejo do turismo, abrangendo a descrição de monumentos naturais, parques geológicos, afloramentos de rocha, cachoeiras, cavernas, sítios fossilíferos, paisagens, fontes termais, minas desativadas e demais locais de interesse geológico (NASCIMENTO; SCHOBENHAUS e MEDINA, 2008).

Estudos espeleológicos nessas cavidades subterrâneas foram realizados com a finalidade de desenvolver documentos que mostrem o potencial natural e

---

<sup>1</sup> Fonte: <http://www.cavernas.org.br/cnc/CavernasBW/RegioesBrasil>

geoturístico, como também, indiquem ações que disciplinem o uso destes recursos naturais, tendo como objetivo a geoconservação. Dessa forma, o diagnóstico espeleológico dessa região envolveu: mapeamento, descrição e cadastramento (atualização de dados) de todas as cavernas conhecidas e também um roteiro geoturístico, estudo sobre capacidade de carga e mapeamento de fragilidades na gruta de Pinheiro Seco.

A elaboração de um roteiro geoturístico tem como finalidade auxiliar na proteção das cavidades, monitorando as visitas e estipulando pontos estratégicos para realização de paradas para explanações gerais e propondo um trajeto fixo a ser percorrido no interior da cavidade pelos visitantes, a fim de evitar impactos negativos em elementos presentes em galerias e salões da caverna.

O estudo piloto sobre a capacidade de carga turística foi realizado na gruta de Pinheiro Seco e os resultados obtidos derivam de um trabalho de campo realizado em parceria com o GUPE, juntamente com o Projeto Caverna e Roteiros Geoturísticos, ambos da cidade de Ponta Grossa/PR. Neste estudo foram utilizadas algumas metodologias já existentes e inclusão de novas variáveis limitantes. Foi realizado também nesta cavidade um mapeamento de fragilidades ambientais, com o objetivo de identificar as especificidades de cada ponto da caverna relativo à determinada fragilidade que o lugar apresenta.

Desta maneira, este estudo realizado nas cavernas da região de Pinheiro Seco visou levantar e organizar informações sobre a espeleologia da citada área, incentivando e propagando a proposta de uso sustentável dos ambientes subterrâneos, buscando a conservação do patrimônio espeleológico.

Para atender os objetivos propostos, este trabalho foi dividido em cinco capítulos. No primeiro, será apresentada a introdução, a localização da área de estudo, os objetivos (geral e específicos) e a metodologia utilizada. O segundo capítulo abordará os temas carste e cavernas, trazendo num primeiro momento o referencial teórico sobre o que é o carste, passando para a caracterização da área de estudo, mostrando o contexto geológico e geomorfológico da região e, por fim, apresenta as cavidades subterrâneas encontradas na região de Pinheiro Seco. No terceiro capítulo será abordada a temática de geoturismo, diretrizes para visitação em cavernas e trilhas e o roteiro geoturístico realizado na gruta de Pinheiro Seco. O quarto capítulo foi dividido em duas temáticas: capacidade de

carga turística e mapeamento de fragilidades ambientais, ambos também realizados na gruta de Pinheiro Seco. O último capítulo apresenta as considerações finais do trabalho.

## 1.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área do presente estudo está situada na tríplice divisa municipal de Castro, Doutor Ulysses e Cerro Azul, no Primeiro Planalto Paranaense, abrangendo as localidades de Pinheiro Seco, Imbuial, Caraguatá e Povoado Lagoa dos Alves (Figura 1).

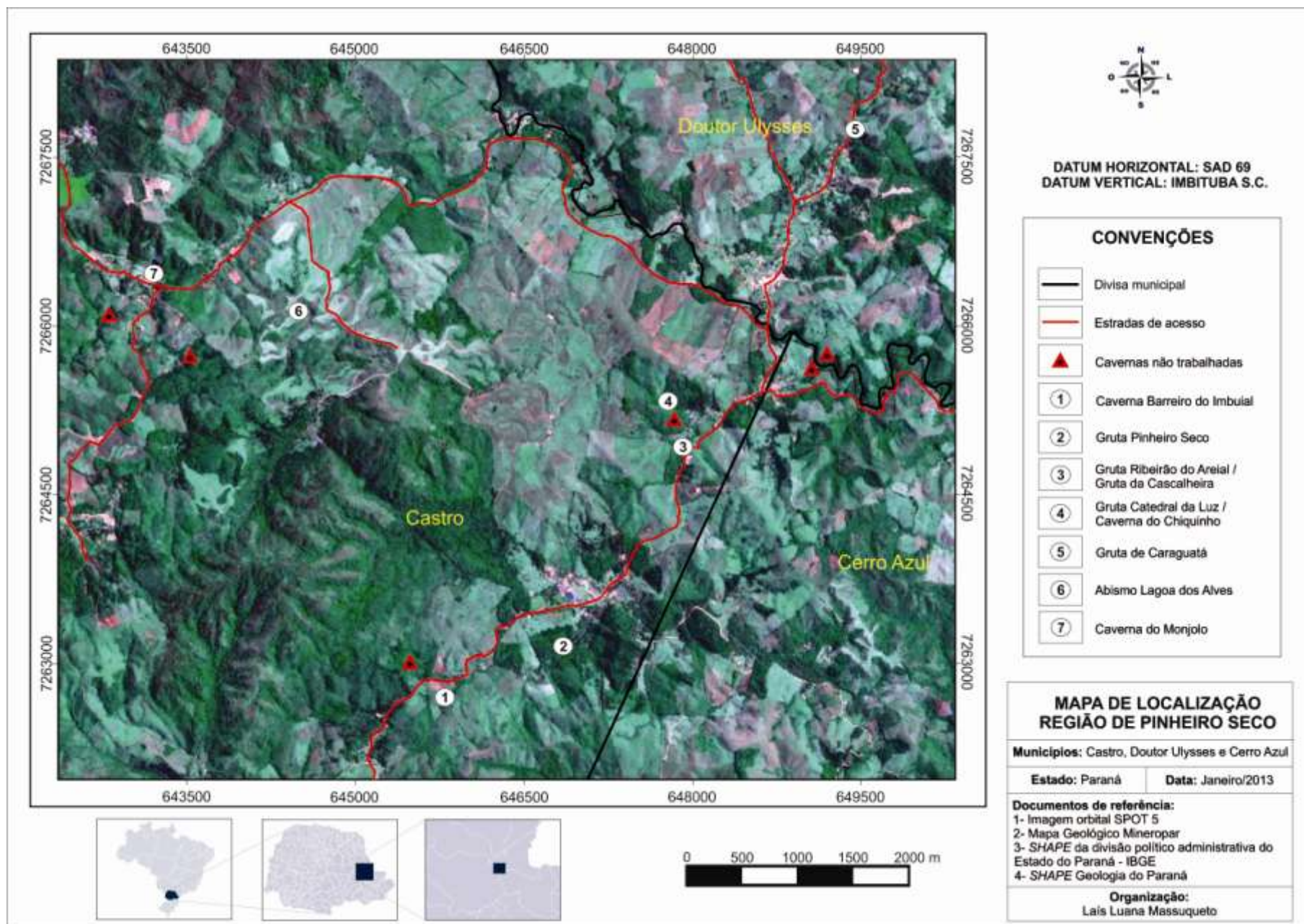
O Primeiro Planalto Paranaense, ou Planalto de Curitiba, situa-se entre a Serra do Mar e a Escarpa Devoniana. Sua geologia é composta por um embasamento cristalino, constituído por migmatitos, xistos, gnaisses, cortados por diques de pegmatitos e intrusões graníticas. Possui as estruturas mais antigas do Estado, formadas em sua maioria por rochas metamórficas (CAMARGO; SPOLADORE, 2009).

As cavidades subterrâneas da região de Pinheiro Seco também estão inseridas na Província Espeleológica do Vale do Ribeira. Segundo Karmann e Sánchez (1979):

“Província Espeleológica é uma região pertencente a uma mesma formação geológica, onde ocorrem grandes corpos de rochas carbonáticas suscetíveis às ações cársticas, ocasionando a presença de agrupamento de cavernas” (KARMANN; SANCHEZ, 1979, p.106).

As cavidades estão a aproximadamente 130 km da capital Curitiba e a 115 km da cidade de Ponta Grossa. O acesso até a área de estudo pode ser feito pela estrada do Cerne (PR-090), a qual é continuação da Avenida Manoel Ribas, passando por Abapã, distrito de Castro ou pela estrada de Açungui, saindo de Rio Branco do Sul, pela rodovia PR-092. O acesso rodoviário a partir da cidade de Ponta Grossa se dá pela PR-151.

Figura 1: Mapa de localização das cavidades subterrâneas da região de Pinheiro Seco.



Atualmente são conhecidas na área as seguintes cavernas: gruta de Pinheiro Seco, gruta Ribeirão do Areial, gruta Catedral da Luz, caverna Barreiro do Imbuial e caverna do Monjolo, sendo que o local possui outras cavernas conhecidas, porém ainda não estudadas, sendo estas: gruta de Caraguatá, gruta Vaiquedá e caverna do Monzé, bem como apresenta probabilidade de novas descobertas espeleológicas.

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo sobre o manejo turístico na gruta de Pinheiro Seco.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Diagnosticar o potencial geoturístico da região onde está inserida a gruta e os aspectos gerais das demais cavidades subterrâneas;
- b) Propor um roteiro geoturístico na gruta de Pinheiro Seco que vise unir turismo, conservação e ensino;
- c) Realizar um estudo piloto da capacidade de carga turística e mapeamento de fragilidades ambientais na gruta Pinheiro Seco.

### 1.4 MATERIAIS E MÉTODOS

Buscando atender os objetivos propostos para a realização deste estudo, a metodologia foi estruturada da seguinte forma:

- a) Revisão bibliográfica abrangendo temas como cavidades subterrâneas, sistemas cársticos, turismo natural, geoconservação, geoturismo, espeleoturismo, geologia e geomorfologia da região estudada. O referencial teórico se baseou em consultas a livros, artigos de revistas, resumos, anais de eventos, monografias, dissertações, teses e páginas da *internet*;
- b) Realização de trabalhos de campo para reconhecimento das cavidades subterrâneas e demais pontos de interesse geoturístico existentes na região. Os campos serviram para a obtenção de dados em geral, incluindo a execução dos levantamentos topográficos, a montagem de um acervo fotográfico, elaboração do roteiro geoturístico e estudos sobre a capacidade de carga turística e mapeamento de fragilidades ambientais na gruta de Pinheiro Seco;

c) Os procedimentos para os levantamentos topográficos realizados nas cavidades subterrâneas da área de estudo tiveram como base o Manual de Espeleologia de Dematteis (1975). Os mapeamentos foram feitos a partir de visadas topográficas no método de poligonal aberta, sendo utilizados em campos os seguintes aparelhos: trena *laser* (Leica Disto™ A6, mensuração com erro aproximado de 1,5 mm, alcance de 200 metros); trenas métricas de fita com extensão de 20 metros e bússola geológica Brunton;

d) Para o georreferenciamento das cavidades subterrâneas foi utilizado um aparelho receptor GPS (*Global Position System*) Modelo Garmin Plus (Datum Vertical Imbituba (SC), Datum Horizontal SAD 69 (MG) e Projeção UTM);

e) O mapa de localização das cavidades subterrâneas e o mapa geológico foram gerados em ambiente SIG (Sistemas de Informação Geográfica) através do programa ArcView 3.2 e Quantum GIS Enceladus. Os *layers* do Brasil e do Estado do Paraná com divisão dos municípios, foram obtidos gratuitamente do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As imagens SPOT 5 foram obtidas no Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). A geologia teve como base a carta geológica - Folha Telêmaco Borba SG.22-X-A, com escala de 1:250.000, ano de 2006 da MINEROPAR (Minerais do Paraná).

f) A digitalização dos dados topográficos obtidos em campo e o mapa das fragilidades ambientais, foi executada por meio do programa livre *OCAD PRO 8*. O detalhamento dos mapas topográficos possui graduação BCRA **4D**, conforme apresentado pela BCRA (*British Cave Research Association*). Segundo Magalhães e Linhares (1997), esta norma de graduação utiliza dois critérios de diferenciação, sendo o primeiro critério representado por números para a precisão instrumental e o segundo alfabético, para representar a precisão de detalhamento, formando um código identificador do grau topográfico alcançado, conforme apresentado no quadro 1.

Quadro 1: Método de graduação BCRA.

| <b>I - Quanto aos erros no alinhamento poligonal</b> |                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1</b>                                             | Um esboço de baixa precisão, onde nenhuma medida foi feita;                                                                                                                                                    |
| <b>2</b>                                             | Pode ser usado, se necessário, para descrever um esboço que é intermediário em precisão entre os graus 1 e 3;                                                                                                  |
| <b>3</b>                                             | Um levantamento magnético aproximado. Ângulos horizontais e verticais medidos com precisão de dois graus e meio; distâncias com precisão de 0,5 metros; erro no posicionamento das bases menor que 0,5 metros; |
| <b>4</b>                                             | Pode ser usado, se necessário, para descrever um levantamento que não atinge os requisitos do grau 5 mas é mais preciso que o grau 3;                                                                          |
| <b>5</b>                                             | Um levantamento magnético. Ângulos verticais e horizontais com precisão de 1 grau; distâncias com precisão de 10 cm; erro no posicionamento das bases menor que 10 cm;                                         |
| <b>6</b>                                             | Um levantamento magnético mais preciso que o grau 5;                                                                                                                                                           |
| <b>7</b>                                             | Um levantamento baseado principalmente no uso de um teodolito.                                                                                                                                                 |
| <b>II - Quanto ao detalhamento dos condutos</b>      |                                                                                                                                                                                                                |
| <b>A</b>                                             | Todos os detalhes baseados na memória;                                                                                                                                                                         |
| <b>B</b>                                             | Detalhes das passagens estimadas e anotadas na caverna;                                                                                                                                                        |
| <b>C</b>                                             | Medidas de detalhes feitas nas bases topográficas apenas;                                                                                                                                                      |
| <b>D</b>                                             | Medidas de detalhes feitas nas bases topográficas e onde quer que seja necessário entre as bases, para mostrar mudanças significativas na forma, tamanho e direção da passagem.                                |

Fonte: MAGALHÃES, E. D; LINHARES, J. C. Curso prático de topografia. Espeleo Grupo de Brasília – EGB. Brasília, DF em 06 de dezembro de 1997.

g) O estudo de capacidade de carga turística realizado na gruta de Pinheiro Seco teve como base o trabalho de Cifuentes (1992), utilizando uma metodologia de cálculos para gerar um indicador quantitativo do número máximo diário de pessoas que podem visitar a caverna;

h) O mapeamento das fragilidades ambientais da gruta de Pinheiro Seco baseou-se no trabalho de Lobo et al. (2013). Para a elaboração dos mapas de fragilidades da caverna foram realizados estudos a partir de dois critérios, sendo eles: fragilidade da geodiversidade e fragilidade do nível de circulação de energia (NCE). O critério referente à geodiversidade identificou o grau de fragilidade das feições da caverna ligadas aos aspectos geológicos e geomorfológicos. Para a identificação da fragilidade referente ao nível de circulação de energia (NCE) foi analisada a circulação de matéria no interior da cavidade, oriunda das fontes de energia ali existentes, tais como correntes de ar, cursos hídricos e ação de animais. Os mapeamentos de fragilidades foram realizados em três etapas, sendo:

1) estudo dos critérios ambientais (geodiversidade e nível de circulação de energia) *in locus*, com o apoio do mapa topográfico da cavidade. Foi analisada a distribuição espacial de cada critério avaliado, atribuindo valores matemáticos, indicando através de cores e porcentagem, o grau de fragilidade de cada local amostrado;

2) inclusão dos resultados matemáticos obtidos em campo em tabelas específicas, indicando a área amostrada; o critério trabalhado, os temas abordados e os valores de fragilidade (expressos em porcentagem);

3) confecção dos mapas temáticos (fragilidade da geodiversidade, fragilidade do nível de circulação de energia e mapa de fragilidade ambiental).

i) Para a realização dos mapeamentos de fragilidade foram utilizadas tabelas durante os trabalhos de campo, a fim de identificar as fragilidades e expressá-las em porcentagens numéricas (apêndice 1). Para a fragilidade da geodiversidade foram avaliados três temas, sendo: espeleogens; espeleotemas e; depósitos clásticos (baseando-se na presença ou ausência da feição). Para a fragilidade do nível de circulação de energia (NCE) foram observados os temas: dimensões da galeria; circulação do ar e; presença de curso hídrico.

j) A atribuição das porcentagens numéricas para cada tema foi realizada durante os trabalhos de campo, onde diversos espeleólogos do Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas (GUPE) puderam contribuir para a construção da espacialização das fragilidades da referida cavidade. Todos os temas avaliados nos dois critérios de fragilidades estudados em toda a extensão

da gruta de Pinheiro Seco foram amplamente discutidos pelo referido grupo de espeleólogos, a fim de chegar a um consenso coletivo, aplicando um resultado numérico (expresso em porcentagem) para cada área e estabelecendo assim, um zoneamento de fragilidades da gruta.

A estrutura deste trabalho teve como base as normas técnicas da ABNT contidas no Manual de Normalização Bibliográfica para Trabalhos Científicos da Universidade Estadual de Ponta Grossa (2012).

## 2. O CARSTE DA REGIÃO DE PINHEIRO SECO

### 2.1 CARSTE E CAVERNAS

As cavidades subterrâneas encontradas na região denominada Pinheiro Seco estão inseridas na Província Espeleológica do Vale do Ribeira e têm seu desenvolvimento em rochas carbonáticas pertencentes ao Grupo Itaiacoca. A presença de cavernas, dolinas, drenagens subterrâneas e pequenos *canyons* presentes na área deste estudo são resultados da existência de um sistema cárstico regional.

A ciência do carste, responsável por estudar as formas, feições e processos cárstico, teve seu início durante estudos científicos realizados na região do *Kras*, um grande planalto carbonático situado entre a Eslovênia, Croácia e a Itália. Estes estudos iniciaram sobre uma região com formas de relevo singulares marcada pela existência de rios subterrâneos com cavernas e superfícies acidentadas, desenvolvidas sobre rochas carbonáticas (principalmente calcário), conforme descrito por Karmann (2000).

Bigarella; Becker e Santos (2007) colocam que o termo carste/karst de origem servo-croata significa campo de pedras calcárias. No Brasil o termo carste deriva da junção da palavra *carso* em Portugal e *karst* em língua germânica (HARDT et al., 2009).

A designação carste possui um sentido amplo, podendo abranger todos os aspectos morfológicos oriundos de processos de dissolução (BIGARELLA; BECKER; SANTOS, 2007). Os autores ainda dizem que:

“a gênese e evolução do carste dependem de numerosos fatores, entre eles a litologia, estratigrafia, tectônica, paleoclima, clima atual e recobrimento florístico. Este conjunto de fatores condicionam a maior ou menor expressão das formas cársticas de uma determinada região”. (BIGARELLA; BECKER; SANTOS, 2007, p.242)

Para Ford (2004) o carste é um terreno que possui hidrologia eficiente – com relação aos processos erosivos – e relevos decorrentes da combinação de rochas de alta solubilidade e canais de dissolução bem desenvolvidos (porosidade secundária). O autor considera estes tipos de relevos como sistemas

cársticos, tendo a dissolução como processo geomórfico principal, prevalecendo a circulação subterrânea das águas.

O relevo cárstico tem início quando as águas de infiltração agem sobre a rede de fissuras e diáclases das rochas, dando lugar aos processos de dissolução subsuperficiais. Na medida em que as fendas começam a ser alargadas, surgem diversos condutos e sumidouros, capturando as drenagens exorreicas e permitindo a circulação das águas no interior do corpo rochoso. A ampliação de processos em profundidades que formam galerias e demais feições subterrâneas é favorecida pelas linhas estruturais existentes nas rochas calcárias. O aspecto irregular e ramificado que as grutas possuem é evidência de que a dissolução depende e segue os padrões da estrutura e do fraturamento das rochas calcárias (BIGARELLA; BECKER; SANTOS, 2007).

A evolução do carste diz respeito ao modo como as características superficiais e subterrâneas da rocha calcária se dão ao longo do tempo. Estas rochas têm em comum a propriedade de serem especialmente solúveis quando atacadas por águas ácidas. Terrenos cársticos também estão sujeitos à erosão por outros processos naturais (erosão mecânica), porém a dissolução (às vezes chamada de corrosão) tem o grande efeito sobre eles e os relevos cársticos são a consequência direta ou indireta desses processos de solução (WILLIAMS, 2004).

Para Hardt et al. (2009) quando uma determinada região apresenta significativos processos de carstificação (processo de dissolução da rocha), surgem as formas e feições típicas de relevo, dando origem ao carste, destacando que este conjunto de formas, em associação aos processos geradores, constitui um sistema cárstico. Sendo assim, a presença de cavernas, dolinas, sumidouros, rios subterrâneos, ressurgências e espeleotemas, evidencia a existência de um sistema cárstico.

Bigarella, Becker e Santos (2007) compreendem o relevo cárstico como:

“feições topográficas características originadas pela dissolução de rochas calcárias. Constitui uma modalidade associativa de formas vinculadas à presença de grandes massas de rocha calcária, principalmente daquelas mais puras e que, em geral, estão sujeitas a processos combinados de dissolução química e erosão mecânica. O balanço da atuação entre este ou aquele processo demonstra uma participação variada e relativa, tanto no tempo quanto no espaço, ao originar as diferentes formas de associação na gênese habitual dos componentes do relevo cárstico”. (BIGARELLA; BECKER; SANTOS, 2007, p.242-243)

Marques Neto (2008, p.106) aponta que “o conjunto espacial compreendido por uma paisagem cárstica, para efeito de definição, pode ser compartimentado em um domínio superficial, subsuperficial e subterrâneo”. O domínio superficial ou exocarste compreende feições como lapiás, bacias de dissolução, torres e pináculos. O domínio subsuperficial ou epicarste, compreende o estudo dos processos, formas e feições cársticas desenvolvidos na porção solo-regolito-solo. E por fim, o domínio subterrâneo ou endocarste, compreende o carste presente em subsuperfície, ou seja, feições como abismos, dolinas, cavernas e sumidouros. Este conjunto de domínios é o material de pesquisa para a ciência que estuda o carste, ou seja, a Carstologia.

Uma das principais características de uma área cárstica é a presença de drenagem de sentido predominantemente vertical e subterrânea, seguindo fendas, condutos e cavernas. Um relevo cárstico deve possuir certa escala, ou seja, ter uma determinada extensão regional para que as feições não sejam apenas isoladas e insuficientes para a caracterização da assembleia morfológica típica de um verdadeiro carste” (BIGARELLA; BECKER; SANTOS, 2007).

Dessa forma, é importante destacar a necessidade de realizar estudos em diferentes escalas de grandeza do modelado da paisagem, abrangendo desde feições microscópicas até um contexto regional, pois assim, é possível obter melhor conhecimento sobre a existência de sistemas cársticos, seu funcionamento, sua dinâmica e consequentemente, sobre os meios efetivos para proteger estes ambientes.

Karmann e Sánchez (1979) relatam que para haver o desenvolvimento de cavernas é necessária a existência das mesmas condições existentes na formação do relevo cárstico. As cavernas podem ser formadas pelas águas subterrâneas (oriundas de aquíferos) e superficiais (rios, córregos, etc), responsáveis pelo alargamento de dutos, fraturas e demais descontinuidades da rocha (tectônicas e atectônicas). O gotejamento da água “dura” carregada de carbonato de cálcio, nas grutas, dá origem a diversos espeleotemas, depósitos químicos típicos de regiões cársticas.

A grande maioria das cavernas naturais são cavernas de solução (cársticas), ou seja, cavernas que foram originadas principalmente pela dissolução da rocha por ação da água que circula entre fissuras e poros. As

cavernas originadas por dissolução ocorrem principalmente em rochas carbonáticas e em menor escala em quartzito e rochas cimentadas por material solúvel (por exemplo, os arenitos). Embora a dissolução seja o processo dominante na formação de cavernas, outros processos como a erosão e o colapso gravitacional podem participar do desenvolvimento de cavidades subterrâneas, em fases posteriores (KLIMCHOUK, 2004).

Dessa forma, aponta-se que diversos estudos demonstram a importância da paisagem cárstica e dos sítios espeleológicos. Esta importância está atrelada tanto devido aos seus valores econômicos, no qual se destaca o turismo, seja por seus valores científicos, por preservar um conhecimento sobre a história geológica e da vida no planeta ou ainda pelos seus valores humanos e socioculturais, devido ao uso das cavernas como moradias, abrigos, lugares sagrados, contemplativos, entre outros (WATSON et al., 1997, *apud* FIGUEIREDO; RASTEIRO; RODRIGUES, 2010).

## 2.2 CONTEXTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO DA REGIÃO DE PINHEIRO SECO

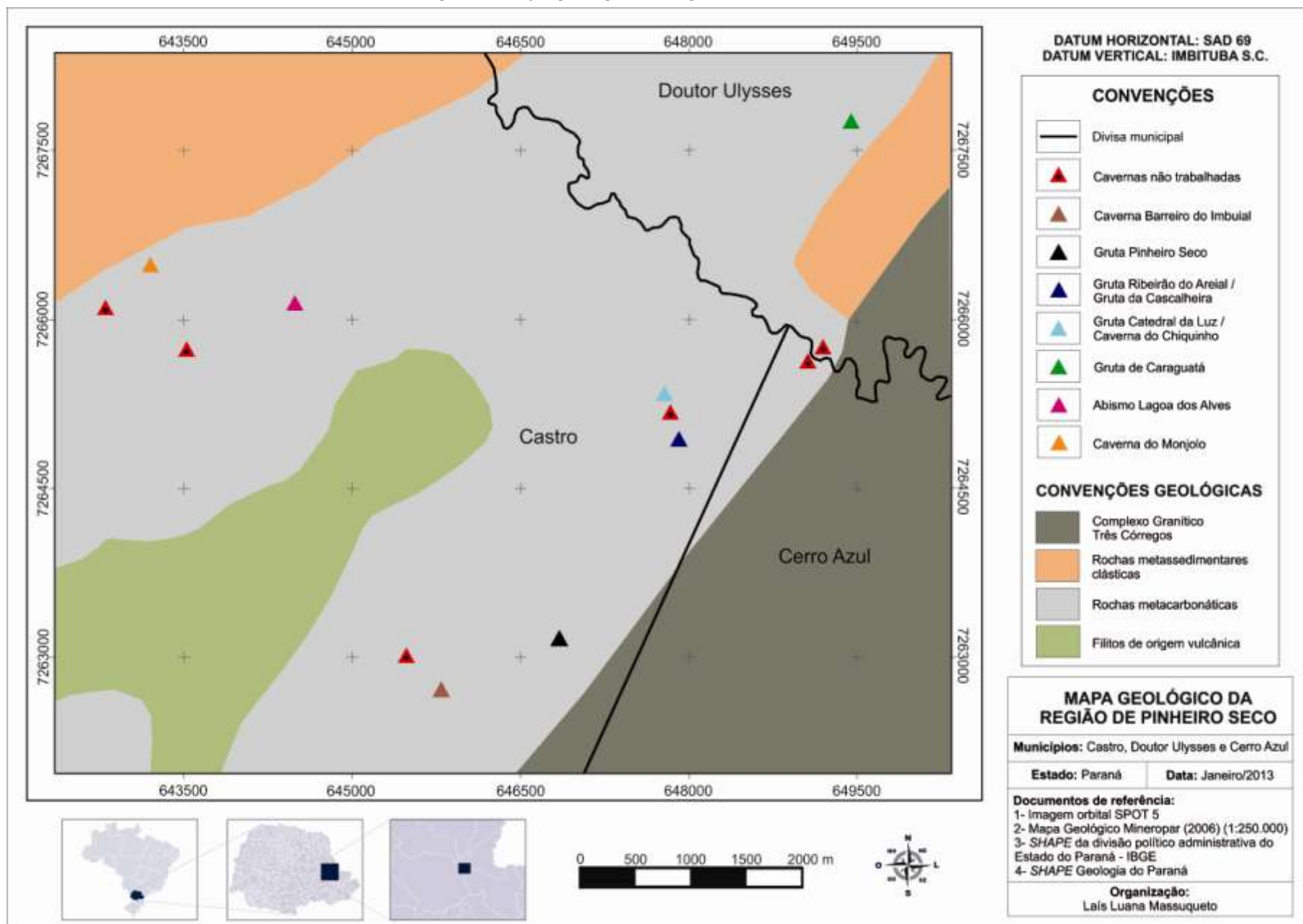
As cavidades subterrâneas estudadas estão inseridas na Província Espeleológica do Vale do Ribeira, desenvolvida em rochas carbonáticas pertencentes ao Grupo Itaiacoca (SZABÓ et al., 2004) (Figura 2). Segundo estes autores este grupo possui três associações litológicas:

a) conjunto com predomínio de rochas metacarbonáticas (principalmente metadolomitos e mármore dolomíticos), equivalente à Formação Bairro dos Campos, proposta por Souza (1990);

b) conjunto de rochas metassedimentares clásticas, onde os metapelitos são mais frequentes que os quartzitos, correlata à Formação Serra dos Macacos, de Reis Neto (1994);

c) conjunto dado por metarenitos e metarcóseos intercalados a rochas metavulcânicas, correspondente à Formação Abapã, de Reis Neto (1994).

Figura 2: Mapa geológico da região de Pinheiro Seco.



A idade de preenchimento da antiga bacia de sedimentação (marinha para as duas primeiras unidades, continental para a terceira), acompanhada de vulcanismo, tal como sugerido por determinações U-Pb em zircões (SIGA JR. et al., 2003) é neoproterozoica (próximo ao intervalo 635-630 Ma). O metamorfismo regional, contemporâneo à fase principal de deformação destas rochas, ocorreu entre 628 e 590 Ma (SIGA JR. et al., 2003).

Segundo os dados da MINEROPAR (2006), na folha Geológica de Telêmaco Borba (Escala 1:250.000), afloram na região de Pinheiro Seco rochas pertencentes ao Grupo Itaiacoca e ao Complexo Granítico Três Córregos. As rochas do Grupo Itaiacoca incluem metassedimentos siltico-argilosos, ardósias e quartzo-sericita xistos; mármore dolomíticos e metadolomitos, com intercalações de metacherts e metacalcários calcíticos cinzas e filitos de origem vulcânica.

O carste, segundo Piekarz (2011), apresenta uma topografia muito peculiar, originada lentamente pela dissolução das rochas (durante milhares de anos), resultando em feições típicas desse tipo de relevo. Na região de Pinheiro Seco, o relevo é bastante acidentado, com desníveis chegando até 300 metros. Trata-se de um terreno composto por morros e vales bem encaixados, com presença de cavernas, pequenos abrigos e dolinas (Figuras 3, 4, 5, 6 e 7). A hidrografia é dada pelos rios da Bomba e Turvo e pelo córrego Ribeirão do Areial, entre outros córregos de menor porte, todos situados na Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira (Figura 8 e 9).

A Bacia do rio Ribeira possui uma área total de 25.681 km<sup>2</sup>, tendo como principais rios o Ribeira e seus afluentes Açungui, Capivari, Pardo, Turvo, Juquiá, São Lourenço, Jacupiranga, Una da Aldeia e Itariri<sup>2</sup>. É na Bacia Hidrográfica do rio Ribeira que estão localizadas a maior parte das cavernas do Estado de São Paulo, com mais de 500 cavernas cadastradas (conforme dados do Cadastro Nacional de Cavernas da SBE<sup>3</sup>), destacando-se o Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), Parque Estadual da Caverna do Diabo e Parque Estadual Intervalles. Ressalta-se que no Estado do Paraná a maior concentração de cavidades subterrâneas desenvolvidas em rochas carbonáticas também está presente na Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira.

---

<sup>2</sup> Informações retiradas da Bacia Hidrográfica do Ribeira do Iguape e Litoral Sul. Caderno de Informações para Consulta Pública do Plano da Bacia, 2008.

<sup>3</sup> Fonte: <http://www.cavernas.org.br/cnc/CavernasBW/RegioesBrasil>

Figura 3: Aspectos do relevo cárstico na região de Pinheiro Seco (Foto: Igor Lopes).



Figura 4: Dolina de dissolução próximo ao rio Turvo (Foto: Henrique Pontes).



Figura 5: Dolina de dissolução próximo à gruta de Pinheiro Seco (Foto: Henrique Pontes).



Figura 6: Aspecto do relevo nas proximidades da gruta de Pinheiro Seco (Foto: Henrique Pontes).



Figura 7: Imagem geral da área onde está situada a gruta de Pinheiro Seco. A seta indica a localização aproximada da entrada da cavidade (Foto: Henrique Pontes).



Figura 8: *Canyon* do rio Turvo (Foto: Henrique Pontes).



Figura 9: Exploração de abrigo no rio Turvo (Foto: Henrique Pontes).



## 2.3 CAVERNAS DA REGIÃO DE PINHEIRO SECO

Todas as cavernas apresentadas neste estudo estão situadas na região de Pinheiro Seco, no Estado do Paraná, nas localidades de Pinheiro Seco, Imbuial, Caraguatá e Povoado Lagoa dos Alves. Por apresentar pontos ainda a serem explorados, com potencial para novas descobertas espeleológicas, a área de estudo ainda não possui um limite geográfico definido. É importante salientar que a decisão de englobar as referidas localidades e nomear esta região como Pinheiro Seco, foi uma decisão adotada nesta pesquisa, a fim de facilitar a referência sobre uma área que apresenta uma aglomeração de cavernas.

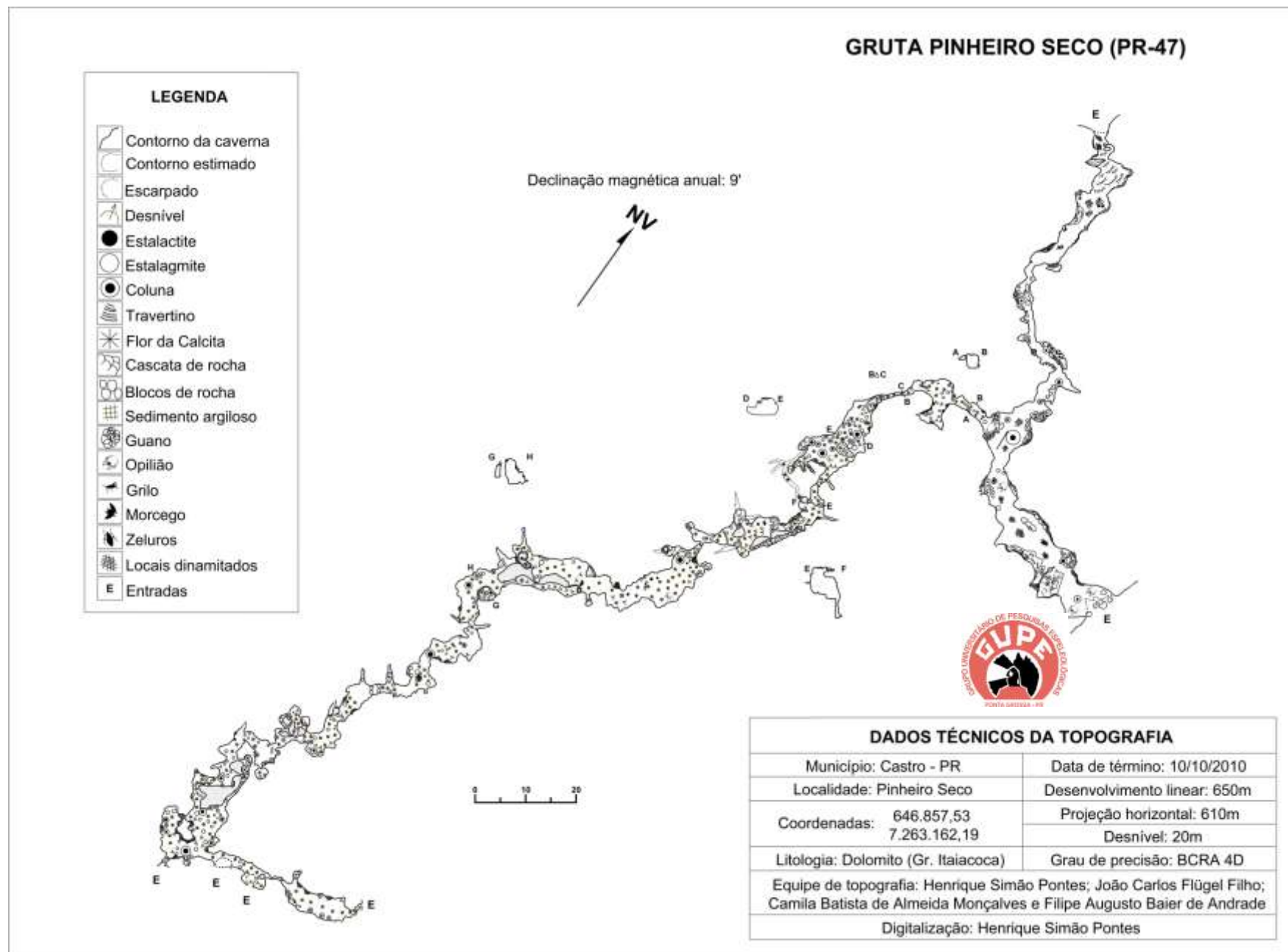
Nas cavernas que serão apresentadas a seguir, em todas já foram realizadas o mapeamento topográfico, obtenção de dados em geral sobre o meio abiótico e os levantamentos fotográficos.

### 2.3.1 Gruta de Pinheiro Seco

Considerada a décima primeira maior caverna do Estado do Paraná em desenvolvimento linear (com base no Cadastro Nacional de Cavernas da Sociedade Brasileira de Espeleologia), a gruta de Pinheiro Seco é a mais conhecida da região. Desenvolvida em rochas dolomíticas, apresenta 650 metros de desenvolvimento linear, tratando-se de uma cavidade seca com três entradas distintas. Possui duas galerias: a principal com cerca de 250 metros de desenvolvimento e um braço secundário com aproximadamente 400 metros (Figura 10).

A galeria principal é pouco ornamentada e apresenta diversos impactos negativos, como abandono de resíduos sólidos, quebra de espeleotemas e porções dinamitadas. O braço secundário é bem conservado, principalmente por sua entrada ser de difícil localização e devido à dificuldade de acesso, sendo composto por quebra-corpos e passagens apertadas, com presença de poças d'água em períodos de alto índice pluviométrico. É neste local que a gruta possui espeleotemas diversos, destacando as helictites, canudos e flores de calcita, ainda conservados.

Figura 10: Mapa espeleológico da gruta de Pinheiro Seco.



A visitação na galeria principal pode ser realizada sem dificuldades, com apenas um pequeno trecho de teto baixo. Porém, no braço secundário, pelas irregularidades nas galerias (quebra-corpos, buracos, teto-baixos, passagens apertadas), exige-se mais cuidado, considerando que este ambiente é mais frágil, sendo indicado o acompanhamento de profissionais para esta parte da caverna.

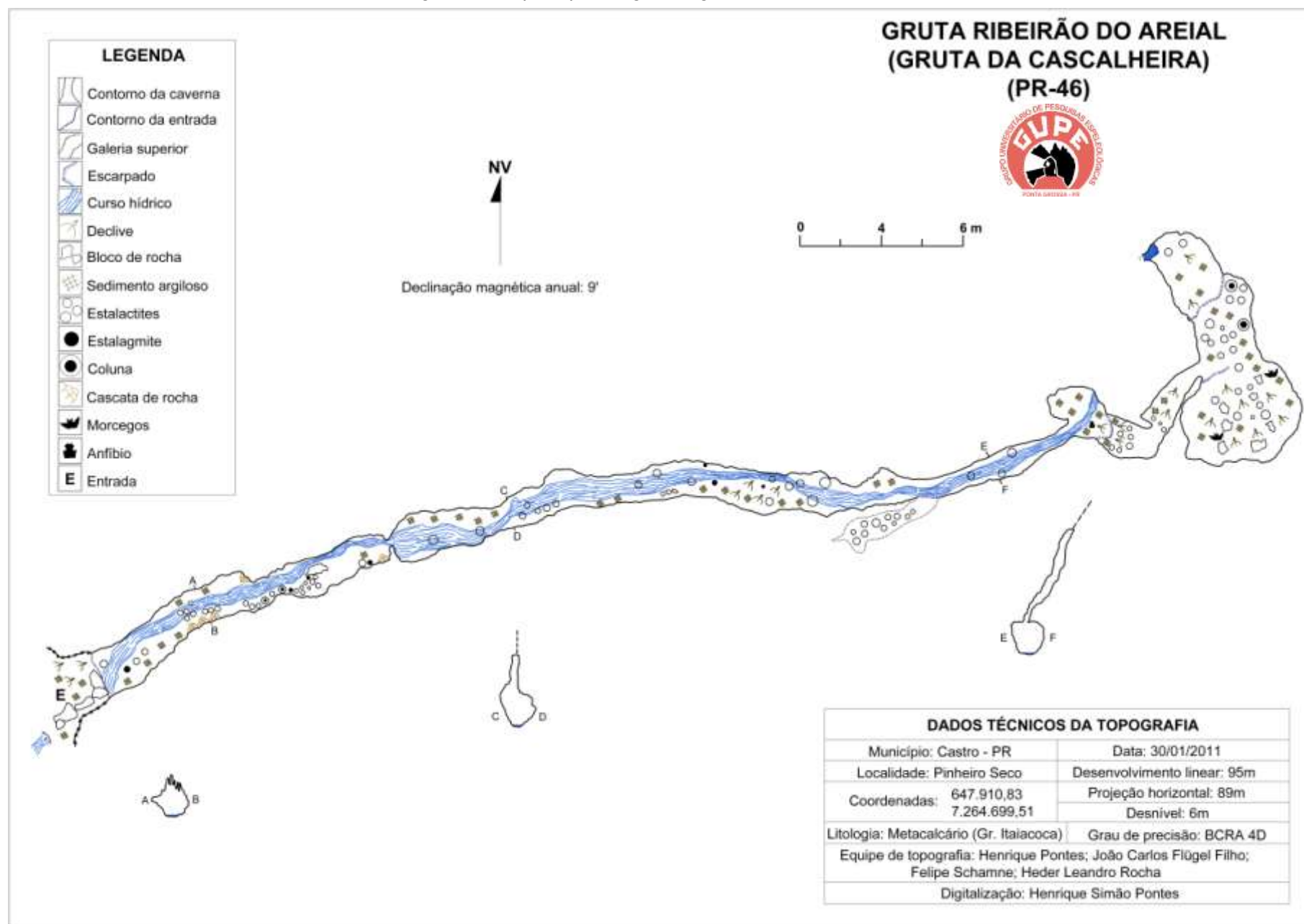
### 2.3.2 - Gruta Ribeirão do Areial

A gruta Ribeirão do Areial apresenta 95 metros de desenvolvimento linear e uma única entrada (Figura 11). Trata-se de uma caverna formada em metacalcários com uma única galeria de direção aproximadamente N70°E. Em seu interior há um curso hídrico, o córrego Ribeirão do Areial, sendo que na porção final da caverna forma-se um sifão, impedindo a continuidade de exploração desta cavidade (Figura 12).

Figura 11: Gruta Ribeirão do Areial (Foto: Henrique Pontes).



Figura 12: Mapa espeleológico da gruta Ribeirão do Areal.



O acesso até a gruta é realizado por uma trilha extremamente íngreme junto a um ponto de extração de rocha, da qual é retirado material para cascalhamento de ruas, denominado localmente como “cascalheira”. Devido a esta extração, a cavidade é também denominada de gruta da Cascalheira por moradores locais. A visitação na cavidade é rara, mas trata-se uma gruta favorável ao uso turístico controlado, pois não possui obstáculos em seu interior e apresenta feições geológicas e hidrológicas importantes para compreender os agentes formadores da caverna.

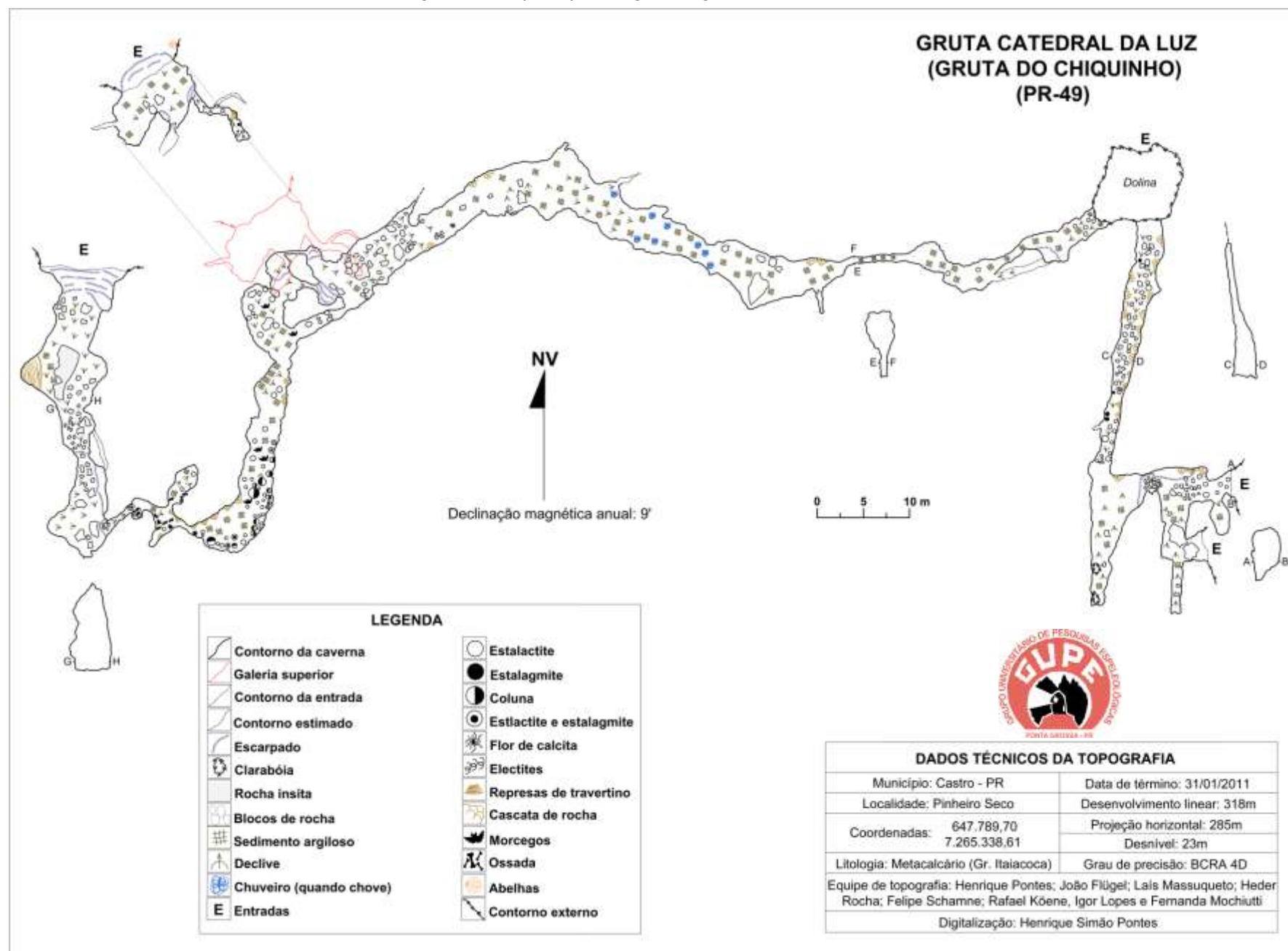
### 2.3.3 - Gruta Catedral da Luz

A gruta Catedral da Luz leva este nome devido à existência de claraboias em um amplo salão na entrada principal, permitindo uma iluminação natural em seu interior e possibilitando notável beleza cênica (Figura 13). Desenvolvida em metacalcário, apresenta um total de 318 metros de desenvolvimento linear, cinco entradas e galerias em dois níveis, denominadas de superior e inferior (Figura 14).

Figura 13: Entrada da gruta Catedral da Luz (Foto: Henrique Pontes).



Figura 14: Mapa espeleológico da gruta Catedral da Luz.



Sem drenagem subterrânea ativa, a gruta possui salões amplos e ornamentados com estalactites, estalagmites, colunas, cascatas de rocha, represas de travertinos, cortinas, helectites e flores de calcita. Em períodos de chuva formam-se vários pontos de gotejamento constante, formando poças, ressaltando que durante chuvas intensas formam-se fios de água, denominados como chuveiros, podendo indicar que a porção de rocha acima da caverna é relativamente pouco espessa.

Para acessar esta caverna, partindo da gruta Ribeirão do Areial, há uma trilha pouco utilizada por entre a mata. Após subir um pequeno vale nota-se a entrada principal da gruta em um escarpado de aproximadamente 20 metros de altura. Nesta cavidade subterrânea a visitação é praticamente inexistente. Localmente, esta cavidade é chamada de gruta do Chiquinho, como referência ao antigo dono da área onde a gruta se situa.

#### 2.3.4 - Caverna Barreiro do Imbuial

Situada na localidade de Imbuial, esta caverna apresenta 110 metros de desenvolvimento linear (Figuras 15 e 16). Tem sua gênese em metacalcários, possuindo poucas ornamentações, com ausência de curso hídrico e com processo de desabamento em alguns pontos.

Para acessar a cavidade utiliza-se uma trilha por meio de uma plantação de *pinus*, onde após descer um vale é necessário atravessar o rio da Bomba e subir a encosta da margem direita, com a entrada a cerca de 20 metros acima do nível do rio. A caverna não possui salões amplos e apresenta quebra corpos e tetos baixos, além de duas passagens extremamente apertadas. Esta cavidade é pouco conhecida localmente e praticamente sem visitação de pessoas de outros lugares.

Figura 15: Mapa espeleológico da caverna Barreiro do Imbuial.

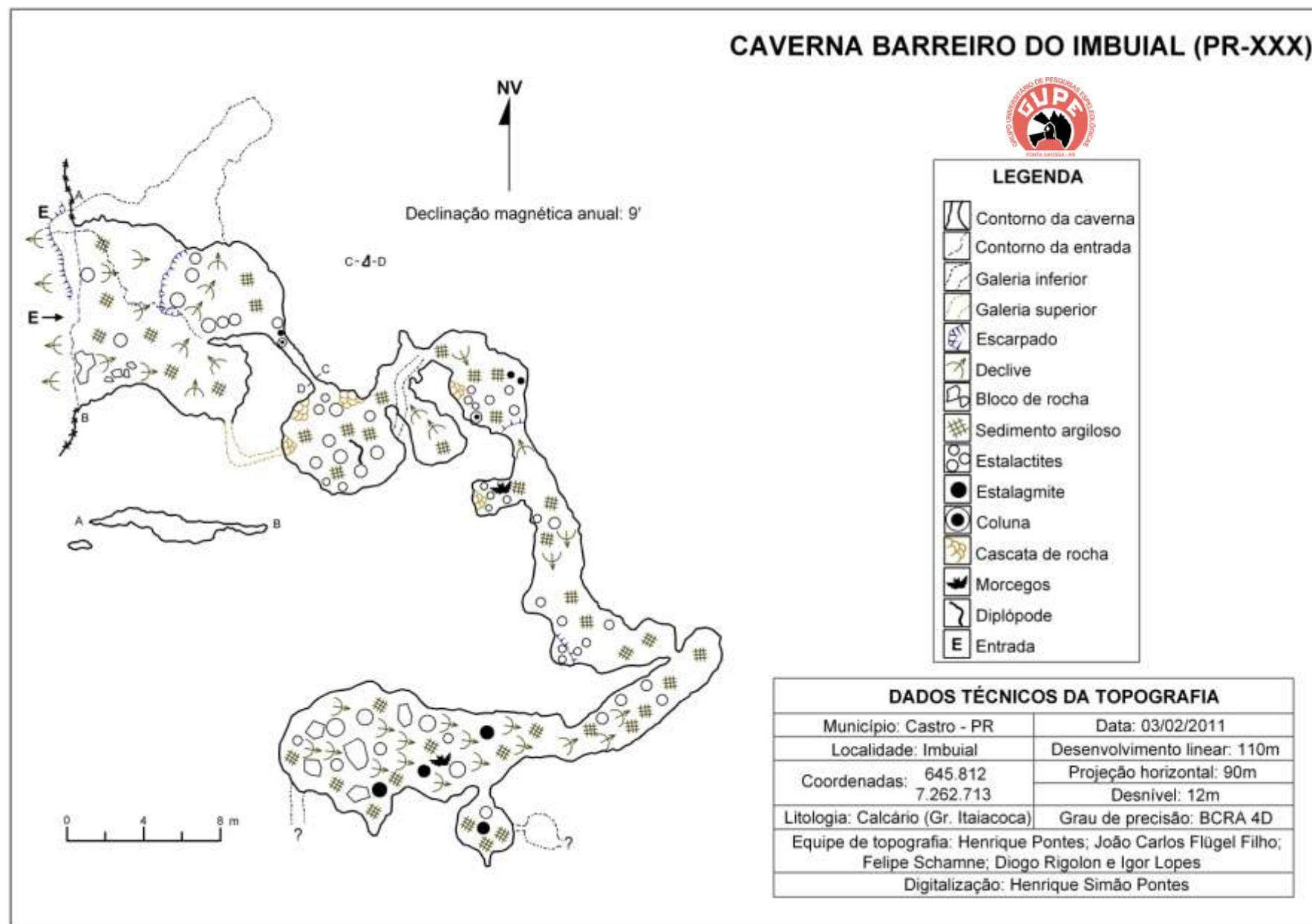


Figura 16: Entrada da caverna Barreiro do Imbuial (Foto: Henrique Pontes).

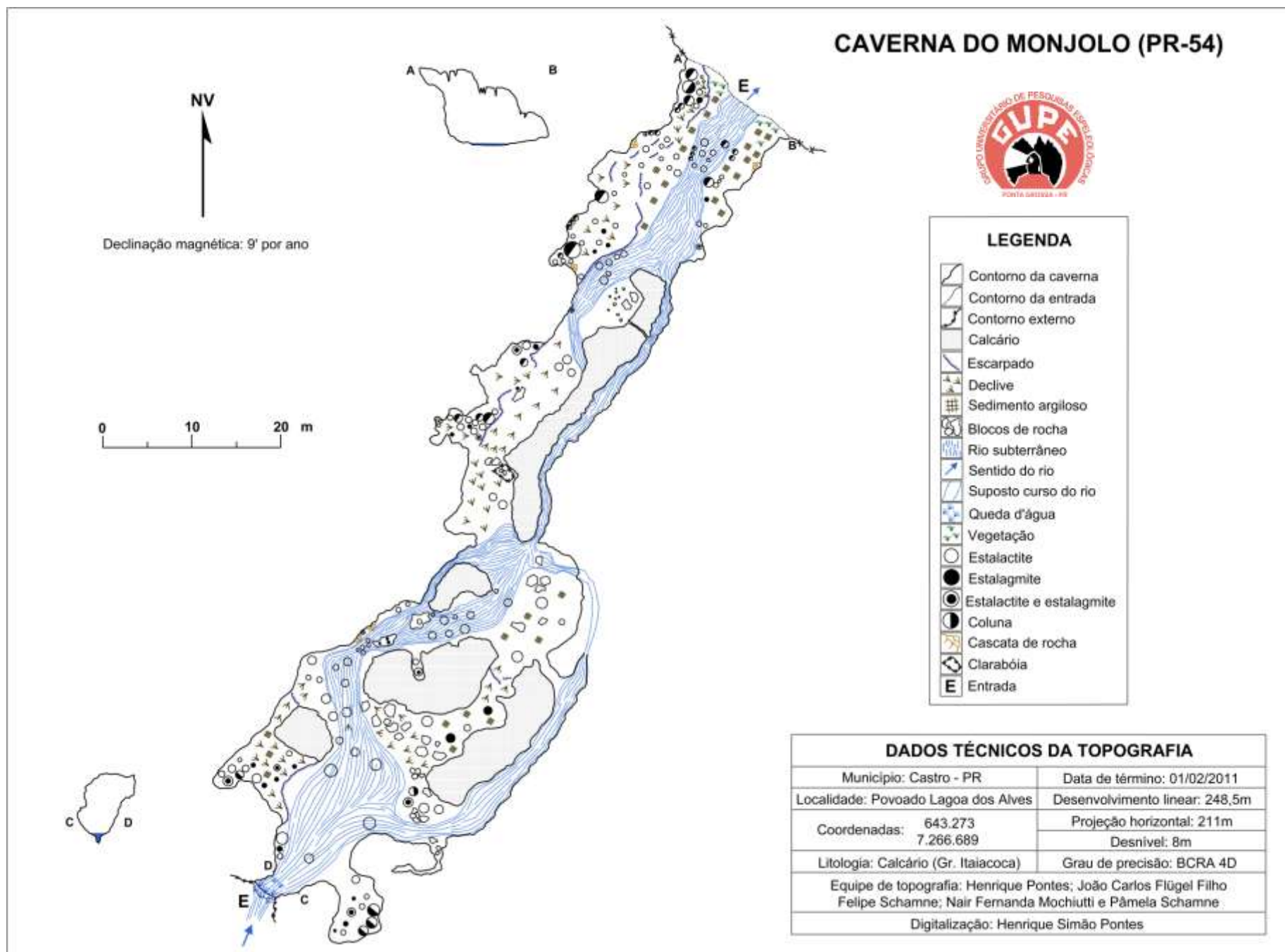


#### 2.3.5 - Caverna do Monjolo

Localizada no Povoado Lagoa dos Alves, com uma distância aproximada de 10 km da gruta de Pinheiro Seco, a cavidade leva este nome porque no passado havia um monjolo que aproveitava a água do rio que a atravessa, próximo à sua ressurgência. Atualmente, o curso do rio modificou-se, mostrando a dinâmica variável das águas no relevo cárstico da região.

Esta cavidade é desenvolvida em metacalcário, possui 248,5 metros de desenvolvimento linear, tratando-se de uma caverna com uma galeria principal e outras paralelas, encaixadas preferencialmente na direção N40°E, duas entradas (sumidouro e ressurgência) e uma claraboia no meio do percurso (Figura 17).

Figura 17: Mapa espeleológico da caverna do Monjolo.



A caverna impressiona por sua beleza, principalmente pelos exuberantes espeleotemas, existência de salões amplos e drenagem subterrânea, formando pequenas corredeiras e bela cachoeira exatamente no sumidouro do rio (Figura 18). O acesso à caverna do Monjolo é fácil, a cerca de 150 metros da estrada principal da localidade, seguindo-se por uma pequena trilha até a sua entrada em propriedade particular. Trata-se de um local que já recebe visitantes e a cavidade apresenta-se relativamente conservada.

Próximo às cavidades subterrâneas acima mencionadas, há ainda outras cavernas, como: a gruta de Caraguatá, abismo Lagoa dos Alves e gruta Vaiquedá, estas já exploradas, porém sem nenhum trabalho científico ainda realizado. A gruta do Monzé, localizada próxima a gruta de Pinheiro Seco, devido à dificuldade de acesso, ainda não foi possível adentrá-la. Ao redor da região denominada Pinheiro Seco, há o conhecimento das seguintes cavernas: gruta da Caveira, gruta da Barrinha, gruta da Onça, gruta do Símeo, gruta do Varzeão, gruta do Malfazido e gruta Paiol do Meio, formando um grande e importante circuito espeleológico paranaense.

Figura 18: Caverna do Monjolo (Foto: Henrique Pontes).



### 3. GEOTURISMO E PATRIMÔNIO GEOLÓGICO

#### 3.1 A GEOCONSERVAÇÃO E O PATRIMÔNIO GEOLÓGICO

As estratégias de conservação do meio natural sempre estiveram focadas na biodiversidade, fazendo com que os elementos geológicos, ou a geodiversidade, ficassem em segundo plano. Mas apesar deste desequilíbrio, é importante ressaltar que as condições abióticas sempre foram de extrema importância para a evolução e sobrevivência de todos os seres vivos (BRILHA, 2005). Não se pode entender a conservação da natureza levando em consideração somente os elementos biológicos, sendo que estes são essencialmente dependentes dos elementos abióticos. Dessa forma, coloca-se que a geodiversidade, merece o mesmo reconhecimento que existe com a biodiversidade, pois só assim poderá se concretizar a luta pela proteção e conservação dos ambientes geológicos.

Os elementos da geodiversidade por mais que apresentem uma aparência de resistência e durabilidade, são frágeis. As ameaças à geodiversidade se encontram em escalas diversas e graus distintos (BRILHA, 2005). É importante enfatizar o quão frágil a geodiversidade pode ser perante as ações humanas, pois a ideia de que os elementos geológicos sejam infinitos e duradouros, faz com que eles não sejam alvos prioritários quando se trata da conservação do meio natural (ROCHA; GUIMARÃES, 2010).

Exemplificam-se aqui algumas das ameaças que a geodiversidade vem sofrendo: exploração de recursos geológicos, gestão de bacias hidrográficas, desmatamento, reflorestamento e agricultura, coleta de amostras geológicas para fins não científicos, desenvolvimento de obras e estruturas, atividades militares, atividades recreativas e turísticas e a ausência de conhecimento técnico-científico na área das Geociências, por parte de políticos, técnicos e a sociedade em geral (BRILHA, 2005). Então, pensando na conservação e proteção do meio abiótico e do patrimônio geológico, surge a geoconservação.

Sharpley (2002) coloca que a geoconservação visa a preservação da diversidade natural (ou geodiversidade) de significativos aspectos e processos geológicos (substrato), geomorfológicos (formas de paisagem) e de solo, pela

manutenção da evolução natural desses aspectos e processos. Para Brilha (2005) a geoconservação visa não só prevenir ou minimizar a degradação ocorrente, como também está interessada na manutenção dos processos biológicos que dependem dos sistemas físicos.

Entretanto, conforme explica Brilha (2005) é impossível conservar toda a diversidade geológica existente e para isso são colocados alguns parâmetros que buscam classificar e assim escolher quais locais devem ser protegidos, havendo também restrições quando se trata da conservação da geodiversidade. Os geossítios são os locais que possuem o mais elevado grau de interesse geológico e, quando em conjunto, constituem o Patrimônio Geológico de uma região. Assim sendo, o Patrimônio Geológico é definido pelo conjunto de geossítios existentes, inventariados e caracterizados, numa dada área ou região. Desta forma o objetivo da geoconservação é conservar o Patrimônio Geológico e os processos a ele associados (BRILHA, 2005).

Porém, para haver a conservação é preciso divulgar. É necessário que as comunidades conheçam aquilo que está sendo conservado. Para isto, a divulgação do Patrimônio Geológico consiste em um conjunto de informações e interpretações que irão ajudar o público em geral a conhecer a importância dos geossítios. Tais ações podem ser disseminadas em forma de painéis explicativos e interpretativos expostos em geossítios, com a produção de livros, cartilhas e páginas na *internet* sobre determinado assunto relacionado ao geossítio, sempre se preocupando em tornar os temas relacionados aos elementos geológicos conhecidos por todos e dessa forma ajudando na sensibilização para a sua conservação (BRILHA, 2005).

Da mesma forma a divulgação da geoconservação não deve permanecer apenas em âmbitos técnico-científicos, tornando-se necessário levá-la ao conhecimento de todos. É desta forma que os três pilares da geoconservação (educação, conservação da natureza e ordenamento do território) propostos por Brilha (2005) devem ser colocados em prática. Sendo assim a conservação, relacionada com a educação e turismo, são as formas de divulgar a geoconservação e, por conseguinte, a importância dos elementos da geodiversidade.

### 3.1 GEOTURISMO

Os historiadores ao longo dos anos têm registrado a mobilidade do homem sobre a superfície da Terra. Primeiramente, a migração estava relacionada à busca de alimentos, água e proteção. Hoje em dia outro fator também é responsável por esse intenso deslocamento através do planeta: o turismo. Esta atividade sócio-econômica apresenta um dos mais elevados índices de crescimento no contexto econômico mundial, despontando assim como uma das mais lucrativas atividades econômicas, a qual procura, dentre outros atrativos, as mais espetaculares belezas cênicas para o seu desenvolvimento (NASCIMENTO; RUCHKYS; MANTESSO NETO, 2008). Os mesmos autores ainda colocam que:

“o turismo faz uso da paisagem, na concepção geográfica de espaço (ambiente ou meio), formado pelos elementos bióticos e abióticos que constituem a geosfera, zona de intersecção da litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera, explorando-o com o propósito de lazer e recreação, como uma maneira do homem moderno fugir do tumulto dos grandes centros urbanos.” (NASCIMENTO; RUCHKYS; MANTESSO NETO, 2008, p.38).

Para Ruchkys (2007) a atividade turística, se bem planejada e direcionada, pode contribuir para a proteção do patrimônio, uma vez que as atividades turísticas dependem de atrativos bem conservados. Desta forma, a contribuição do turismo para a proteção do patrimônio pode acontecer por meio da sensibilização do turista em relação à importância dos atrativos que visita. A autora ainda comenta que os elementos passíveis de causar deslocamentos de pessoas são muito variados, levando a uma segmentação da atividade turística em relação à motivação, criando termos específicos para designar determinados tipos de turismo relacionados aos atrativos e ao público específico. Exemplificando as modalidades de turismo de acordo com o perfil do visitante, pode-se citar, por exemplo, o turismo pedagógico, o turismo de negócios e o turismo de terceira idade. Em relação às divisões por atrativos, está o ecoturismo, o turismo rural, o turismo cultural e o geoturismo.

Sendo um segmento do turismo em áreas naturais, o geoturismo promove a geodiversidade como também é uma atividade fundamental para a geoconservação, pois é fundamentado nos princípios do turismo sustentável.

Citado cientificamente pela primeira vez pelo inglês Thomas Hose, em 1995, o geoturismo foi referido como a provisão de serviços e facilidades interpretativas no sentido de possibilitar aos turistas a compreensão e obtenção de conhecimento de sítios geológicos e geomorfológicos ao invés de simplesmente apreciar a visão estética (MOREIRA, 2011).

Em 2000, Hose redefiniu o geoturismo como sendo a disponibilidade de serviços e meios interpretativos que tenham o intuito de promover o valor e o benefício social de geossítios geológicos e geomorfológicos, garantindo ao mesmo tempo a sua conservação para o uso de estudantes e turistas (BRILHA, 2005).

Em 2011, durante o Congresso Internacional de Geoturismo, no *Geopark* de Arouca, em Portugal, surgiu uma nova definição de geoturismo a partir da *National Geographic Society*, a qual estabeleceu que o mesmo deva ser entendido como o turismo que sustenta e incrementa a identidade de um território, levando em consideração sua geologia, cultura, valores estéticos, patrimônio e também o bem estar de seus residentes, propondo que o turismo geológico torne-se como uma das diversas componentes do geoturismo<sup>4</sup>.

Durante este congresso, também foi colocado que é necessário encorajar que os territórios desenvolvam o geoturismo, focando não somente no ambiente e no patrimônio geológico como também nos valores culturais, históricos e cênicos que o local apresenta. Dessa forma, incentiva-se o envolvimento entre os cidadãos locais e os visitantes, para que estes não se restrinjam apenas ao papel de turistas espectadores, mas também ajudem a construir uma identidade local, promovendo o que tem de autêntico e único no território. Assim será possível que o território e seus habitantes obtenham integridade ambiental, justiça social e desenvolvimento econômico sustentável<sup>5</sup>.

Com base nestes conceitos é possível perceber que o geoturismo é detentor de um importante papel para a prática da geoconservação por meio da interpretação. Ruchkys (2007) aponta que a interpretação é um componente essencial, pois ela encoraja o turista a contribuir para a geoconservação, a partir da compreensão, apreciação e proteção. Ressalta-se ainda que as informações

---

<sup>4</sup> Sobre essa temática, ver: <http://mirante.aroucaonline.com/2011/11/15/declaracao-de-arouca/>

<sup>5</sup> Sobre essa temática, ver: <http://mirante.aroucaonline.com/2011/11/15/declaracao-de-arouca/>

fornecidas aos visitantes necessitam ser passadas de uma maneira atraente ao público, deixando de lado a linguagem puramente técnica, muitas vezes fora do alcance e do interesse do público leigo.

Brilha (2005) complementa dizendo que o geoturismo procura minimizar o impacto cultural e ambiental sobre as comunidades que recebem grandes fluxos turísticos, inserindo-se desta forma no conceito de turismo sustentável, o qual é caracterizado por:

- a) Respeitar os destinos turísticos pela aplicação de estratégias de gestão, de modo a evitar modificações nos habitats naturais, no patrimônio cultural e paisagístico e na cultura local;
- b) Conservar os recursos e minimizar a poluição, o lixo, o consumo energético e o uso de água;
- c) Respeitar a cultura local e suas tradições;
- d) Promover a qualidade em detrimento da quantidade, pois o sucesso não é medido apenas por números de turistas, mas sim, por outros dados como: duração da estadia, distribuição do dinheiro gasto e a qualidade da experiência para os turistas como também para seus anfitriões.

Adentrar as profundezas e conhecer um mundo totalmente diferente do que está fora, está entre os fatos que tornam as cavidades subterrâneas atrativos turísticos. Porém é necessário haver cuidado com o tipo de visita que as cavernas recebem, por conta da fragilidade e singularidade que o ambiente subterrâneo apresenta. Devido a isso, o geoturismo, é uma modalidade que pode se encaixar perfeitamente com a visita em cavidades subterrâneas, pois visa não só que os turistas visitem o local, mas também que aprendam algo sobre o patrimônio geológico e geomorfológico que estão conhecendo.

Desenvolvidas em rochas carbonáticas e caracterizadas por sua grandeza, no contexto regional, assim como por uma diversidade de ornamentos representados pela quantidade e diferença de espeleotemas, os quais propiciam singularidade e beleza ao local, as cavidades encontradas na região de Pinheiro Seco podem apresentar um potencial de interesse geoturístico.

Lobo et al. (2007) colocam que geoturismo é um segmento emergente do turismo de natureza, sendo motivado pelos atrativos do meio físico. A diversidade de elementos encontrados nas paisagens cársticas coloca essa paisagem como

uma das mais propícias para o desenvolvimento do geoturismo. Este potencial é evidenciado no Brasil, um país com grande expressividade territorial de rochas carstificáveis.

Para Nascimento; Ruchkys e Mantesso Neto (2008) as paisagens atuais, que admiramos e utilizamos como atrativos turísticos são o resultado dos processos geológicos atuantes durante os 4,6 bilhões de anos de história da Terra. Atualmente estas paisagens e seus elementos associados, principalmente relacionados à geodiversidade, são capazes de gerar deslocamentos de grandes massas humanas através de atividades turísticas.

Os *canyons*, dolinas e paredões rochosos onde se encontram as cavernas, assim como os riachos que apresentam uma coloração verde-azulada em épocas de baixo índice pluviométrico, também podem ser considerados atrativos geoturísticos. Nascimento; Schobbenhaus e Medina (2008) destacam que a utilização da paisagem como uma atração geoturística vem da necessidade de cobrir uma lacuna do ponto de vista da informação. A ideia é permitir que o turista não contemple apenas as paisagens, como também possa entender um pouco sobre os processos geológicos responsáveis pela sua formação, acarretando assim maior valorização do cenário.

Para Lobo et al. (2007) o geoturismo compreende um novo segmento do turismo de natureza que surge com a intenção de divulgar o patrimônio geológico, bem como possibilitar sua conservação. Esta atividade utiliza feições geológicas como atrativo turístico, divulgando a geodiversidade da região turística, sendo útil para promover a associação com as atividades de ecoturismo, unindo, a biodiversidade e a geodiversidade. Contudo, é preciso educar para proteger, e na comercialização desse segmento do turismo se deve observar a venda do produto com cuidado, preparando o geoturista na questão da educação e da interpretação ambiental (NASCIMENTO; RUCHKYS; MANTESSO NETO, 2008).

Uma das primeiras providências para o desenvolvimento do geoturismo é a identificação de aspectos geológicos, que sejam ou possam vir a se tornar atrações turísticas (NASCIMENTO, RUCHKYS e MANTESSO NETO, 2008). As cavernas da localidade de Pinheiro Seco apresentam interesse científico, assim como podem possuir potencialidade para o geoturismo. As cavidades subterrâneas, assim como demais formas e feições relacionadas com o relevo

cárstico da região, estão sendo estudadas para que se possam definir meios de proteger esses ambientes, porém permitindo que haja a visitação nestes locais, pois é preciso conhecer e entender a importância deste patrimônio para que ocorra a conservação.

Outro ponto importante é a questão da cultura desenvolvida próximo ao ambiente geológico em estudo. Gray (2004) aponta que o valor cultural é atribuído pelo homem quando da interdependência entre desenvolvimento social, cultural e/ou religioso e o meio físico que o rodeia. Isto seria a relação existente entre a sociedade e o meio físico no qual ela está inserida. Um exemplo é a gruta de Pinheiro Seco, a qual por muitos anos teve uma forte ligação com os moradores locais por meio da religião. Nesta caverna, missas, batizados e demais celebrações católicas eram realizadas e as cerimônias eram feitas em um altar construído sobre estalagmites na entrada da caverna, ao lado de uma pia batismal natural, presentes até hoje. Outro fator são os contos que os moradores contam envolvendo a cavidade, formando uma tradição local e fazendo parte da história de vida das pessoas que ali habitam.

Segundo Pereira; Brilha e Pereira (2007) perante a elevada importância e especificidade do patrimônio geológico das áreas cársticas, ganha relevância definir uma estratégia de geoconservação para estas regiões, nomeadamente por meio de inventariação, quantificação, classificação, conservação, divulgação e monitoramento.

Deve-se lembrar que o geoturismo, assim como o ecoturismo são segmentos do turismo de natureza, que têm como principais atrativos as mais belas e espetaculares paisagens, as quais devem ser monitoradas para permitir um desenvolvimento sustentável, harmonioso e compatível com a dinâmica ambiental (NASCIMENTO; RUCHKYS; MANTESSO NETO, 2008). Ressalta-se ainda que o geoturismo propõe ao visitante um aprofundamento sobre as origens dos ambientes e a informação geológica como um dos fundamentos para o conhecimento ambiental, sendo essencial inserir as pessoas em uma das principais discussões da atualidade: a relação do ser humano com o planeta em que vive (PIEKARZ, 2011).

Dessa forma, coloca-se que as cavernas de Pinheiro Seco, apesar de apresentarem potencialidade para o geoturismo como um todo, ainda carecem de

trabalhos que apontem para ações sobre o uso e manejo do patrimônio em questão, indicando meios para que possa haver a visitação dos locais sem interferir de modo negativo no meio ambiente e na população local.

### 3.3 DIRETRIZES PARA VISITAÇÃO EM CAVERNAS

O Ministério do Meio Ambiente possui diretrizes para a visitação em Unidades de Conservação, entre estas, as diretrizes para visitação em cavernas. As cavernas da região de Pinheiro Seco não estão enquadradas em nenhum sistema de proteção, porém os estudos realizados na gruta de Pinheiro Seco seguem o padrão nacional destas diretrizes.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas e o Departamento de Áreas Protegidas (2006) existem doze diretrizes relacionadas com a visitação em cavernas:

- 1) Os gestores das Unidades de Conservação devem ter conhecimento e adotar a atual legislação e medidas de ordenamento específicas para assegurar a adequada visitação em cavernas;
- 2) Deve existir no planejamento da visitação o zoneamento interno e externo à caverna, obedecendo aos critérios de fragilidade, risco ao visitante, estado de conservação e atrativo cênico. O plano de manejo deve indicar o melhor caminhamento dentro da caverna, as trilhas de acesso, a infraestrutura de mínimo impacto, todos de acordo com a intensidade de visitação;
- 3) Prever no plano de manejo a implantação de um plano de monitoramento sistemático dos impactos sociais e ambientais da visitação, visando a adequação das áreas de maior e menor uso;
- 4) Diagnosticar, durante a fase de planejamento da visitação, as possíveis peculiaridades ecológicas, geológicas, paleontológicas, arqueológicas e culturais da caverna e prever ações para mitigar impactos;

- 5) Considerar diferentes categorias de uso: exploratório, científico, educativo, recreativo/turístico, entre outros;
- 6) Realizar o planejamento sazonal da visitação, indicando quais cavernas devem estar fechadas em estação de chuvas ou em função de características biológicas ou culturais;
- 7) Salientar que o uso de iluminação à base de gás acetileno (carbureteiras) deve ser avaliado caso a caso de acordo com aspectos de estrutura da caverna, características biológicas, tipo de visitação e risco aos visitantes;
- 8) Adotar critérios objetivos e tecnicamente justificáveis para avaliar a necessidade de implantação de cabos guia, devidamente sinalizado, para orientação dos mergulhadores em cavernas;
- 9) Avaliar a obrigatoriedade de condutores, monitores e guias de acordo com os diferentes usuários e as diversas particularidades das cavernas;
- 10) Estimular o desenvolvimento de trabalhos científicos, principalmente estudos de levantamento de fauna e determinação da área de ocorrência das espécies cavernícolas;
- 11) Estabelecer cooperação técnica com grupos de espeleologia e comunidade científica, com o objetivo de localizar, explorar e mapear as cavidades existentes dentro do perímetro da Unidade de Conservação e sua zona de amortecimento, bem como para apoio nas ações de manejo da Unidade de Conservação;
- 12) Tomar conhecimento e adotar, sempre que possível, as orientações e códigos de ética desenvolvidos pelas organizações representativas das atividades de espeleologia.

### 3.4 TRILHAS

Registros nos contam que as trilhas mais antigas surgiram como consequência direta dos movimentos migratórios de grandes mamíferos, principalmente dos herbívoros, os quais fugiam do inverno rigoroso. O ser humano começou a utilizar e/ou estabelecer trilhas para vários fins, desde a

simples procura de alimentos (trilhas para caça) e água, até peregrinações religiosas, viagens comerciais e ações militares (ANDRADE; ROCHA, 2008). Folmann (2010) coloca que a busca por abrigos em locais onde houvesse boas condições climáticas foi também uma motivação para o homem pré-histórico percorrer por trilhas.

No Brasil, as primeiras publicações a respeito de trilhas tratam dos caminhos de penetração na Serra do Mar no período da colonização. Sendo considerado o caminho mais importante o de Peabiru (ape + abiru = caminho batido), que teria sido um conjunto de trilhas vicinais, supostamente existentes desde a costa de São Vicente até o Paraguai, ou uma longa estrada, tronco de um primitivo sistema de viação geral que permitia o contato das tribos da nação Guarani, da bacia do Paraguai, com tribos do sul do Brasil, entre elas as que habitavam os campos de Piratininga (PINTO, 1903 *apud* ANDRADE; ROCHA, 2008).

Para Andrade e Rocha (2008) as trilhas sempre tiveram como principal função suprir a necessidade de deslocamento. No entanto, é possível verificar que ao longo dos anos houve uma alteração de valores em relação às trilhas. De um simples meio de deslocamento, elas emergem como um novo meio de contato do homem com a natureza. Dessa forma, a caminhada incorpora um novo sentido e recebe um grande número de adeptos.

As trilhas são o caminho para que se possa desfrutar das áreas naturais de maneira organizada, segura e consciente, possibilitando a conservação do ambiente natural. Quando planejadas e manejadas adequadamente, servem tanto de proteção ao usuário quanto ao ambiente, além de assegurar maior conforto e segurança ao caminhante (DIAS; QUEIROZ 1997).

Todavia, apesar da importância dentro das áreas protegidas, dificilmente as trilhas recebem a atenção necessária, sendo poucas as regiões turísticas que possuem um sistema de trilhas, ou simplesmente trilhas para o desenvolvimento do ecoturismo (ANDRADE; ROCHA, 1997). As trilhas bem elaboradas devem ter o papel de promover um contato mais estreito entre o homem e a natureza, sendo um instrumento pedagógico de extrema importância ao educar os visitantes (MOREIRA et al., 2010). Dessa forma pode-se dizer que as trilhas ao mesmo tempo em que proporcionam ao visitante um maior contato com o ambiente

natural podem abordar diversas temáticas tanto em relação ao meio biótico como em relação ao meio abiótico, sendo possível o visitante observar em uma mesma trilha aspectos de geomorfologia, geologia, arqueologia, biologia, histórico/culturais, dentre outros.

Segundo Andrade (2003), o Brasil apresenta um vasto conjunto de áreas naturais com grande potencial para fortalecer o turismo, muitas delas protegidas em Unidades de Conservação. Diversos fatores indicam um crescimento expressivo da visitação em áreas naturais, com atividades de turismo que encontram na natureza sua principal motivação. O turismo, ao mesmo tempo em que fortalece a apropriação das Unidades de Conservação pela sociedade, dinamiza as economias locais e aumenta os recursos financeiros para a conservação destas áreas. O desafio consiste em desenvolver um turismo responsável e integrado à diversidade sociocultural, aos conhecimentos tradicionais e à conservação da biodiversidade (ANDRADE, 2003).

Sendo assim o ecoturismo é uma modalidade do turismo que vem ganhando grande destaque dentro e fora do Brasil por ser uma atividade que proporciona aos visitantes um contato direto com a natureza. Porém, para que o ecoturismo possa efetivamente constituir uma estrutura sólida, acessível e permanente, é preciso que esteja alicerçado de forma a acomodar adequadamente as peculiaridades de cada ecossistema e da cultura popular regional. Devem ser realizados estudos que indiquem a capacidade de carga turística, com o intuito de limitar o número de visitantes diários e, conseqüentemente, reduzir o possível impacto ambiental (MOREIRA; ROCHA, 2007).

Para o planejamento das trilhas ligadas as atividades turísticas são recomendadas as seguintes etapas: realização de diagnóstico ambiental da área, definição de objetivos, metas, público-alvo e meios que serão utilizados, definição de traçado, estabelecimento de roteiros, realização de estudos de capacidade de carga e o monitoramento dos impactos ambientais (MOREIRA et. al., 2010).

### 3.4 ROTEIRO GEOTURÍSTICO NA GRUTA DE PINHEIRO SECO

Este item tem como objetivo mostrar o roteiro geoturístico realizado na gruta de Pinheiro Seco, destacando seus pontos de maior interesse e servindo

como um estudo pioneiro de trilhas para as cavernas da região que possam receber suporte turístico. Com esse estudo, busca-se mostrar que a realização de um roteiro em ambiente subterrâneo, o qual estabelece locais de observação e limites de visitação (com trilhas demarcadas), é uma forma de buscar a união harmoniosa entre uso e conservação.

A gruta Pinheiro Seco, por ser a caverna mais visitada da região, foi escolhida como a primeira a ter a elaboração de um roteiro geoturístico. Este roteiro busca incentivar uma atividade com conteúdo científico, onde os visitantes não só conhecerão a cavidade, como também aprenderão sobre suas características, formas, feições e seus elementos abióticos e bióticos.

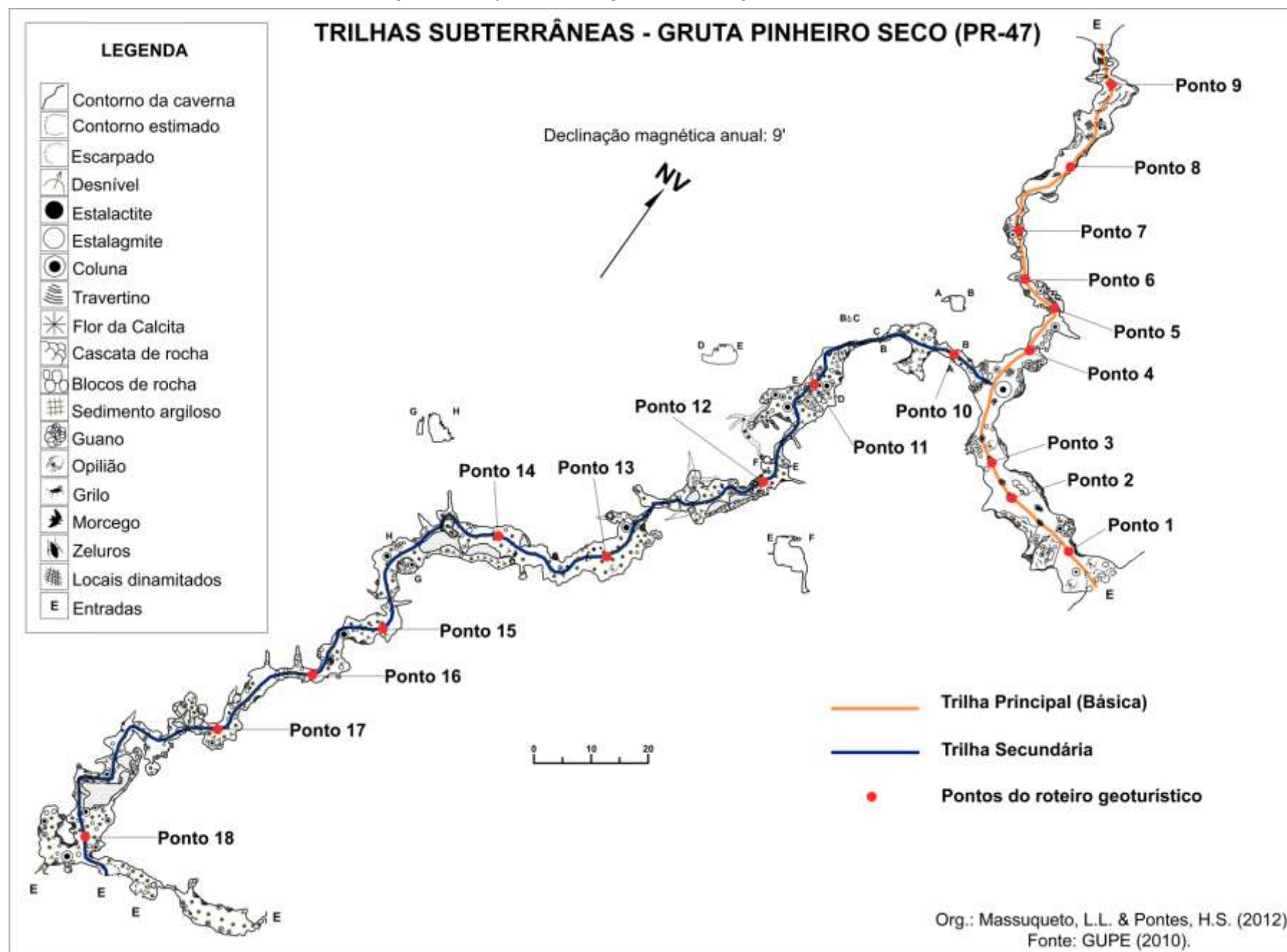
Esta caverna ostenta um rico contexto histórico-cultural, permeado de contos (pertencentes ao imaginário popular) e fatos pertencentes à história de vida dos moradores locais. A cavidade já foi esconderijo para escravos fugitivos, dinamitada em busca de placas de ouro e já foi espaço para cultos religiosos católicos, acontecimentos esses contados pelos moradores e registrados na caverna por meio de inscrições em parede, construção de altar e grandes blocos de rocha quebrados oriundos de explosões.

O roteiro geoturístico da gruta de Pinheiro Seco (MASSUQUETO; MOREIRA, 2012) foi elaborado a partir de visitas técnicas realizadas nesta cavidade subterrânea, com apoio do Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas (GUPE), analisando as diversas variáveis presentes na cavidade, destacando assim os pontos de maior interesse que a caverna apresenta e traçando os melhores caminhos para a realização da trilha, visando conservar os locais de maior fragilidade (Figura 19).

A importância de estabelecer um roteiro no interior da gruta de Pinheiro Seco é porque nesta cavidade, apesar da necessidade de autorização do proprietário para adentrá-la, pode haver visitação sem nenhum controle do número de visitantes ou acompanhamento de guias, o que vem causando impactos negativos à gruta, incluindo quebra de espeleotemas, pichações nas paredes, abandono de resíduos sólidos e perturbação e degradação da fauna cavernícola.

Assim sendo, este roteiro geoturístico tem como objetivo proporcionar ao visitante um acompanhamento técnico-científico, onde haverá pontos estratégicos

Figura 19: Mapa do roteiro geoturístico da gruta de Pinheiro Seco.



de paradas para explicações e com temas pré-estabelecidos, como por exemplo: a gênese da cavidade, as feições encontradas no seu interior, seu meio biótico e seus aspectos histórico-culturais.

Devido à diferença de acesso entre a galeria principal e o braço secundário da caverna, o roteiro foi dividido em duas trilhas, sendo:

1- *Trilha Básica*: este trajeto realizado no braço principal da caverna apresenta 270 metros de extensão. Para esta metragem é considerado o trajeto total da trilha feito da entrada da cavidade até a saída da gruta presente nesta trilha, mais a metragem de retorno até a entrada da trilha secundária. Esta trilha não apresenta dificuldades de acesso em seu trajeto, por apresentar salões amplos, nenhum desnível e nenhuma passagem que exija técnicas de prospecção. O tempo estimado para a realização desta trilha é de quarenta minutos, incluindo o tempo de paradas para explicações em nove pontos do roteiro.

2- *Trilha Secundária*: o início desta trilha está inserido em uma ramificação da caverna que se prolonga para a direção sul, com 323 metros de desenvolvimento linear. Este trajeto apresenta trechos de maiores dificuldades, como a presença de tetos-baixos, quebra-corpos, desníveis significativos e piso escorregadio. As galerias apresentam menores dimensões, quando comparadas com o trajeto da trilha básica. O tempo total para realizar esta trilha é de 01h20min, com a inclusão de mais nove pontos de parada para explanações sobre as características da cavidade.

A seguir serão descritos os pontos de interesse selecionados durante a realização do roteiro, iniciando pela trilha básica e posteriormente, a trilha secundária.

#### **Ponto 1:**

O primeiro ponto situa-se logo na entrada da caverna, onde a orientação é realizar uma conversa inicial com os visitantes, apresentando alguns aspectos histórico-culturais da gruta de Pinheiro Seco.

Esta caverna já foi utilizada como um local sagrado pelos moradores da região, onde eram realizados cultos e celebrações católicas, como o batismo, a crisma e até mesmo casamentos (Figura 20). O altar com mesa e pia batismal,

bem como relatos dos moradores, comprovam este fato histórico. Exatamente na entrada da cavidade, localizada na parede direita, há uma escritura, feita em cimento, com a seguinte frase: “*N.S. de Lurdes pede ajutorio a beneficio da Igreja para aqueles que quizer ter boa sorte 11/??/1941*” (Figura 21).

A visitação na cavidade acontece no mínimo desde os anos de 1940, conforme ilustra a figura 22, mostrando um grupo de pessoas em frente à entrada principal da gruta Pinheiro Seco. Outro fato histórico, é que no passado esta cavidade levava o nome de gruta do Monge.

## **Ponto 2:**

A segunda parada objetiva mostrar e explicar ao visitante o que são espeleotemas e quais são suas características físicas e químicas e seus aspectos genéticos. A palavra espeleotema deriva da palavra grega *spelaiion* (caverna) e *thema* (depósito), sendo assim, depósito de caverna (COLLET, 1981). Hill e Forti (2004) citam que espeleotema é um depósito mineral secundário que se forma em cavernas e que o termo refere-se ao modo de ocorrência de um mineral na caverna.

Este ponto explicativo acontece em um salão ainda próximo à entrada principal da caverna, o qual apresenta estalactites, estalagmites e colunas (Figura 23). Segundo Bigarella, Becker e Santos (2007), as estalactites estão entre os espeleotemas mais frequentes encontrados em cavernas. Sua origem se dá a partir de gotas de água que contêm bicarbonato de cálcio em sua solução, que ao passarem por uma fissura do teto da caverna, ficam nela retidas até atingirem determinado volume e peso suficiente para vencerem a tensão superficial e caírem.

Durante este tempo desprende-se parte do CO<sub>2</sub> dissolvido nas gotas, tornando a solução supersaturada, precipitando assim um pequeno anel de calcita no contato das gotas com o teto. Este processo de gotejamento e deposição contínuo dá a origem a uma estalactite cilíndrica e oca, a qual cresce em direção ao piso da caverna. O aumento do diâmetro das estalactites se dá em virtude do tubo original ser poroso, facilitando a passagem da solução aquosa para fora, através de interstícios.



Figura 22: Foto histórica da gruta de Pinheiro Seco, datada de 1947 (autor desconhecido).



Figura 23: Salão onde se situa o ponto 2 do roteiro (Foto: Henrique Pontes).



Outra forma é quando a água represada no conduto central emerge através da porosidade existente junto ao contato do teto com a estalactite, passando a escorrer pelas suas paredes externas e depositando finas películas de calcita, que envolvem a estalactite e aceleram o seu crescimento. O formato que a estalactite possui se dá por conta que a deposição é maior junto ao teto, decrescendo em direção à extremidade inferior do espeleotema e dando um formato cônico (BIGARELLA; BECKER; SANTOS, 2007).

### **Ponto 3:**

O terceiro ponto, além de ilustrar novamente os diferentes tipos de espeleotemas, apresenta uma nova feição encontrada na cavidade, as cúpulas de dissolução (Figura 24). Estas feições, segundo Hardt et. al (2009) são encontradas no teto das cavidades subterrâneas, formadas a partir da dissolução da rocha e apresentando desenvolvimento vertical, variando de alguns centímetros até alguns metros, tanto de largura quanto de profundidade. São formadas em condutos totalmente inundados por determinado período de tempo, o que possibilita a erosão do teto da caverna pela água, tanto de rios como de águas subterrâneas.

### **Ponto 4:**

A quarta parada tem como objetivo mostrar pontos de impactos no interior da caverna e feições que revelam informações sobre a gênese desta cavidade.

A galeria principal da gruta apresenta vários pontos dinamitados, com blocos de tamanhos variados esparsos por quase todo o caminho no interior da cavidade. Destaca-se que é possível visualizar diversos furos nas paredes, oriundos de onde eram colocados os explosivos (Figura 25). O motivo de dinamitar a caverna, segundo alguns moradores locais, era justificado pela busca do ouro que diziam ter sido escondido no interior da caverna.

As paredes que foram destruídas revelaram porções de relevante valor didático-científico, para compreender a deposição e precipitação do carbonato de cálcio. Em certos pontos é possível enxergar facilmente as camadas sobrepostas, compostas por carbonato de cálcio, evidenciando diferentes momentos de formação da rocha calcária. Diferença na coloração das camadas depositadas

evidencia diferentes períodos climáticos, ressaltando que a tonalidade escura representa períodos de maior umidade e a tonalidade clara períodos mais secos (Figura 26).

Figura 24: Cúpula de dissolução (Foto: Henrique Pontes).



Figura 25: Marca da perfuração para introdução dos explosivos (Foto: Henrique Pontes).



Figura 26: Camadas de deposição carbonática (Foto: Henrique Pontes).



**Ponto 5:**

Neste ponto é possível observar alguns impactos negativos, provenientes da visitação sem controle, tais como: abandono de resíduos sólidos e pichações nas paredes (Figura 27).

Outros destaques deste ponto são as cúpulas de dissolução, as cortinas e as cascatas de rocha, esta última formada a partir do escoamento da água rica em carbonato de cálcio em paredes de cavidades subterrâneas. Segundo Scaleante e Scaleante (1996) a força predominante para o crescimento desses espeleotemas é a gravitacional, determinando o regime do escoamento, a forma de deposição do material e o formato final do espeleotema.

Figura 27: Pichações em paredes. Neste local também são encontrados diversos resíduos abandonados pelos visitantes casuais da gruta (Foto: Henrique Pontes).



**Ponto 6 :**

Nesta parada o visitante poderá conhecer as represas de travertinos, situadas próximas à parede esquerda da caverna (Figura 28). Estas feições são pequenas barragens naturais, podendo estar ou não preenchidas com água, formadas a partir do acúmulo de carbonato de cálcio, proveniente de gotejamentos oriundos de vários pontos do teto. Esta deposição forma paredes verticais capazes de barrar a água que escorre pelas paredes e goteja do teto. Os exemplos encontrados na gruta Pinheiro Seco atingem cerca de 10 a 20 cm de altura e geralmente ocorrem em grupos, estando dispostas em níveis diferentes, formando uma escadaria. Exemplos clássicos de represas de travertino em cavernas do Paraná podem ser encontrados na gruta Malfazido, Município de Doutor Ulysses, com represas apresentando paredes com medida superior a dois metros de altura.

**Ponto 7:**

A sétima parada durante a visita na caverna está situada em zona afótica, ou seja, na ausência total de luz (Figura 29). A parada neste salão tem como objetivo realizar um momento de reflexão sobre o ambiente cavernícola, as suas características, os seres vivos que ali habitam e sobre os sentidos humanos, principalmente a audição e visão, quando em ambientes com ausência total de luz. Uma experiência a ser feita com grupo de visitantes neste local é apagar todas as luzes e realizar um momento de silêncio coletivo total, com o intuito de sentir o ambiente subterrâneo e a escuridão, momento raro no cotidiano das pessoas.

**Ponto 8:**

Neste ponto é possível observar exemplos notáveis de espeleotemas, dando destaque para as colunas e cascatas de rocha, principalmente pelo tamanho e beleza cênica das feições que ali são encontradas (Figura 30).

Figura 28: Represas de travertinos (Foto: Henrique Pontes).

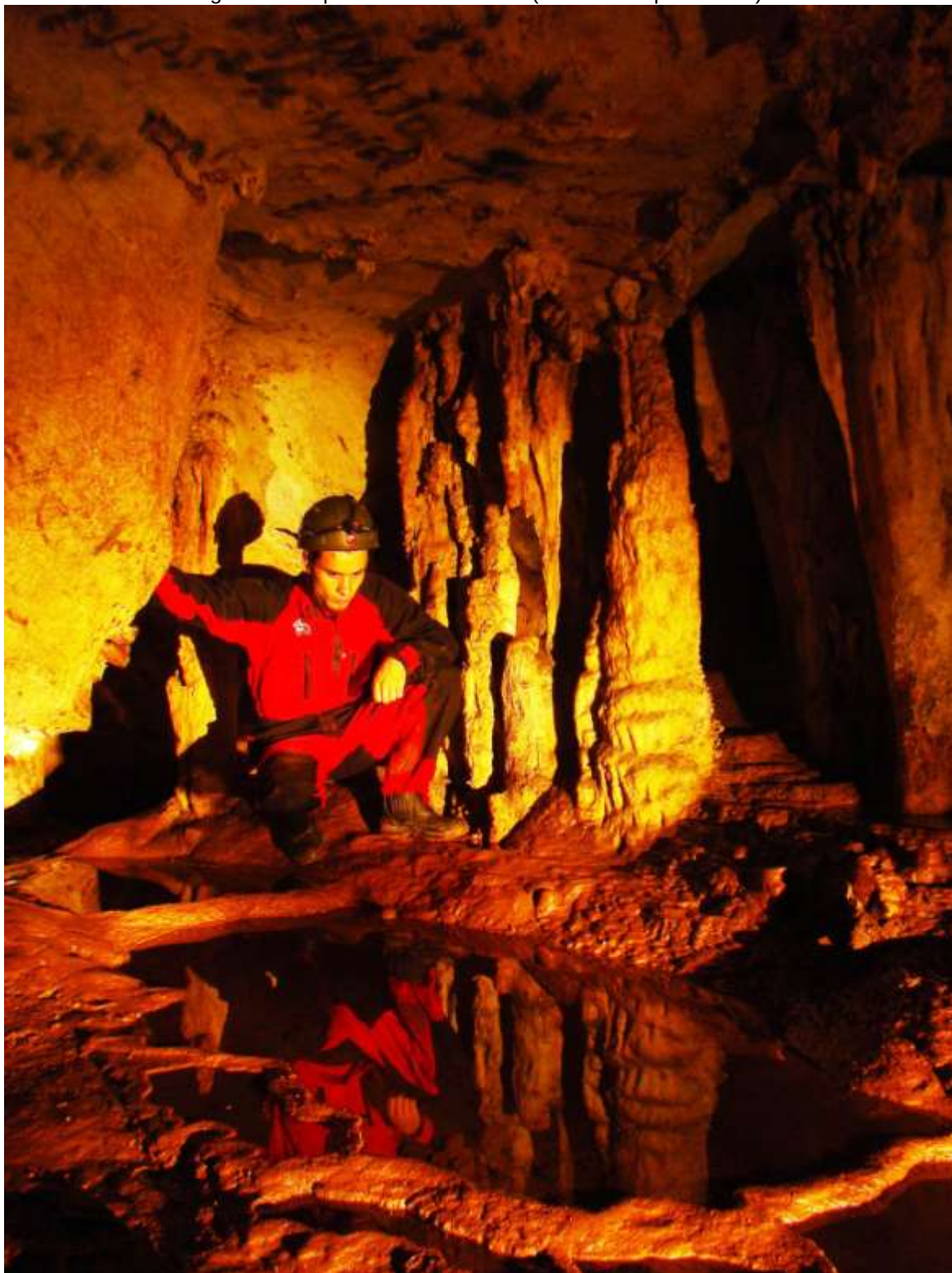


Figura 29: Salão do silêncio (Foto: Henrique Pontes).



Figura 30: Cascatas de rocha e colunas (Foto: Henrique Pontes).



**Ponto 9:**

O trecho final da galeria principal da gruta Pinheiro Seco é o nono ponto, o qual marca o fim da trilha básica (Figura 31). Neste local é possível observar algumas feições presentes no salão, tais como: duas entradas, sendo que uma delas é uma claraboia (um desmoronamento do teto da caverna ligando o subterrâneo ao exterior); cúpulas de dissolução mostrando a ação erosiva da água no teto da caverna e evidências de níveis superiores, indicando diferentes níveis de erosão. Conforme observado durante os trabalhos de campo, existem reentrâncias nas porções altas da caverna, indicando possíveis dutos superiores. Tais feições auxiliam na interpretação dos processos responsáveis pela gênese e evolução desta cavidade.

**Ponto 10:**

Este ponto marca o início da trilha secundária da caverna, o qual se inicia com uma passagem estreita e teto baixo. A feição de maior destaque neste ponto é um ninho de pérolas, principalmente devido à sua raridade de ocorrência (Figura 32). Segundo Collet (1981) tratam-se de espeleotemas esféricos ou de tendência à esfericidade a partir de um núcleo gerador (grão de areia de quartzo, pequeno seixo, etc), que com o tempo aumenta suas camadas concêntricas ao redor da fonte geradora, não sendo presas ao piso durante sua formação.

Para formar estas pérolas, é necessário combinar gotejamento constante sobre um determinado grão ou seixo que, com o passar do tempo, serão depositadas diversas camadas de carbonato de cálcio sobre o grão e, por não estar fixado ao piso da caverna, a cada gotejar ocasiona um movimento rotacional no material, mudando sua posição e, conseqüentemente, recebendo deposição mineral em todos os seus lados. Com o tempo e uma combinação ínfima de gotejamento e rotacionamento, o grão/seixo começa a apresentar formas arredondadas, alguns caso com esferas perfeitas, dando origem às pérolas de cavernas.

Figura 31: Final da trilha básica da gruta de Pinheiro Seco (Foto: Henrique Pontes).



Figura 32: Ninho de pérolas no início da trilha secundária (Foto: Henrique Pontes).



**Ponto 11:**

Após a estreita passagem, os visitantes chegam a um salão que apresenta vários espeleotemas, principalmente estalactites, estalagmites e colunas. Destaca-se neste salão a presença de três buracos de aproximadamente dois metros de profundidade, sendo que em um deles forma um nível inferior que se desenvolve por cerca de 20 metros e se conecta com outra galeria da caverna. Este é um importante ponto para se ressaltar sobre os cuidados que se deve ter ao caminhar dentro das cavidades subterrâneas e sobre a formação de níveis inferiores nestes ambientes (Figuras 33 e 34).

Figura 33: Entrada para nível inferior  
(Foto: Henrique Pontes).



Figura 34: Buraco situado no ponto 11  
(Foto: Henrique Pontes).



**Ponto 12:**

Esta parada acontece em uma galeria onde se observam porções da rocha matriz da caverna que foram erodidas pela ação da água do rio que ali passava em tempos remotos, mas que não podem ser tratadas como espeleotemas, pois não foram formadas a partir da precipitação de minerais e sim como espeleogens (feições presentes em cavidades subterrâneas formadas a partir da erosão da rocha).

Neste local também ocorre a maior concentração de canudos da cavidade, alguns com até 20 cm de comprimento. Os canudos estão entre os espeleotemas mais frágeis encontrados no interior das cavidades subterrâneas. Para formar uma feição como esta é imprescindível que não ocorra nenhuma perturbação durante a precipitação do carbonato de cálcio (principalmente proveniente de correntes de ar). Os canudos são considerados estalactites, pois o seu crescimento provém do teto em direção ao piso da caverna (Figura 35).

Outro espeleotema de destaque nesta galeria são as cortinas conhecidas como *bacon*. Sua gênese acontece devido ao escoamento das águas ricas em carbonatos, sendo chamadas de *bacon* quando adquirem faixas de coloração marrom intercaladas com as esbranquiçadas, semelhante ao alimento.

**Ponto 13:**

Neste ponto é possível observar feições arredondadas presentes no teto, paredes e piso da galeria, evidenciando o processo de erosão da água e as feições denominadas *scallops* (Figura 36). As formas são facilmente notadas e geram interesse devido ao fato de que outras galerias da caverna não apresentarem estas feições. Esta parada no roteiro se justifica também pela presença de belos espeleotemas e espeleogens (feições formadas a partir da erosão da rocha) com cerca de 3 metros de comprimento.

Figura 35: Aglomerados de canudos (Foto: Henrique Pontes).



Figura 36: Estruturas do tipo *scallops* (Foto: Henrique Pontes).



**Ponto 14:**

Neste salão encontra-se a maior concentração de morcegos da gruta Pinheiro Seco, ocorrendo concomitantemente, a maior concentração de guano (excremento de morcego) (Figura 37). É importante ressaltar neste ponto o papel fundamental que os morcegos exercem na caverna, sendo os responsáveis por grande parte do suporte alimentar de alguns dos seres vivos que ali habitam. Pelo fato de existir bastante guano neste salão, observa-se também a presença de seres denominados guanóbios, passíveis de serem vistos a olho nu (Figura 38). Trata-se de pequenos animais que se alimentam dos nutrientes presentes nas fezes dos morcegos e são caracterizados como elementos fundamentais na cadeia alimentar da caverna.

**Ponto 15:**

Neste pequeno salão encontra-se uma das maiores colunas da caverna, bem como um grupo de estalactites excêntricas e helictites, formando um aglomerado excêntrico de espeleotemas (Figura 39 e 40). Segundo Collet (1981), “helictite é um espeleotema de forma espiralada excêntrica, que não segue regra fixa para o seu crescimento, o que provoca formas complexas e bizarras”.

**Ponto 16:**

O ponto dezesseis é marcado pela presença de uma feição onde a erosão da rocha pelas águas do rio que ali passava possibilitou a formação de um espeleogen semelhante a uma perna humana, tratando-se de uma feição curiosa que pode ser mencionada para os visitantes (Figura 41). Feições com semelhanças a objetos, partes do corpo humano ou animais são comuns de serem encontradas, contendo exemplos clássicos, como a pata do elefante, o cavalo e o golfinho existentes nas famosas cavernas do Parque Estadual Turístico Alto Ribeira (PETAR) no Estado de São Paulo. Estas feições despertam o imaginário do turista e servem como atração durante as visitas.

Figura 37: Morcego encontrado no ponto 14 do roteiro geoturístico (Foto: Henrique Pontes).



Figura 38: Acúmulo de guano no ponto 14. O material de coloração branca são milhares de animais, denominados guanóbios (Foto: Henrique Pontes).



Figura 39: Estalactite excêntrica (Foto: Henrique Pontes).



Figura 40: Pequenas helictites (Foto: Henrique Pontes).



Figura 41: Espeleogen com formato semelhante a uma perna (Foto: Henrique Pontes).



**Ponto 17:**

Neste salão ocorre uma feição de destaque, evidenciando antigos processos que aconteceram na caverna. Trata-se de uma porção onde ocorrem diversos seixos e blocos de rocha sedimentados no teto e paredes do salão (Figura 42). Essa feição, denominada de depósito clástico, indica a ação da água do rio, o qual transportava material sedimentar para dentro da caverna e os acumulava em certos trechos. Ao passar do tempo, este material sedimentar se agregou nas paredes e teto da caverna, tendo como cimento a argila. Há exemplos de colunas suspensas apresentando seixos sedimentados na sua base, mostrando claramente, o rebaixamento do piso da caverna pela erosão causada pelo rio. Neste local também se encontra uma pequena reentrância na rocha com presença de pequenas estalactites, canudos, estalagmites e colunas, sendo esta feição conhecida como “caverna em miniatura” (Figura 43). Há ainda uma passagem estreita com quebra-corpo, a qual leva até o último salão da cavidade.

**Ponto 18:**

Este ponto marca o trecho final da caverna, o qual apresenta vários espeleotemas e três pontos de entrada. Aqui também há uma grande concentração de morcegos, pois o salão serve como um local de passagem dos morcegos para o ambiente externo (Figura 44).

Coloca-se aqui a importância de realizar pontos de paradas ainda fora da cavidade, para que se possa fazer uma explanação de forma geral, falando sobre a geomorfologia local, hidrografia, geologia e demais aspectos físicos e sobre a biodiversidade, assim como uma conversa sobre a experiência que o visitante teve ao visitar a caverna.

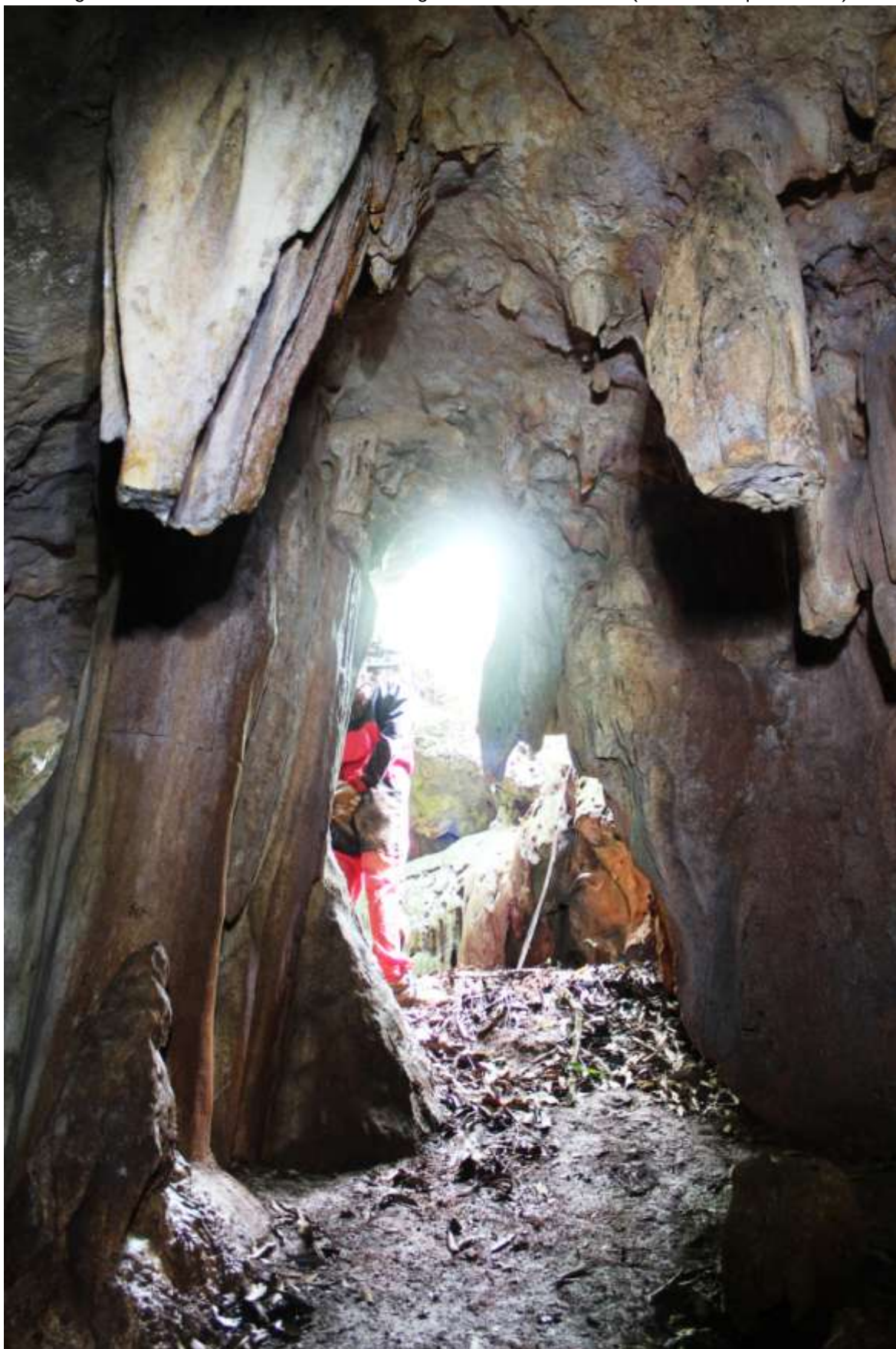
Figura 42: Principal local com deposição clástica da gruta (Foto: Henrique Pontes).



Figura 43: Pequeno duto denominado de “caverna em miniatura” (Foto: Henrique Pontes).



Figura 44: Final da trilha secundária da gruta de Pinheiro Seco (Foto: Henrique Pontes).



O roteiro geoturístico aqui proposto para a gruta de Pinheiro Seco, segundo o estudo realizado, pode ser feito durante todas as épocas do ano, pois se trata de uma cavidade seca, não apresentando riscos de inundações e torrentes de água. Dessa forma, mesmo durante estações chuvosas, o roteiro não seria prejudicado. Para se realizar a visita geoturística à cavidade, o visitante deverá usar equipamentos básicos de segurança como capacete e lanterna, necessários durante todo o percurso.

O tempo estimado para a visita das duas trilhas da cavidade é de 02h00min, com acompanhamento de monitores, responsáveis não só pelas explicações durante a visita, mas também por manter a integridade física do local e prezar pela segurança dos visitantes.

## **4. CAPACIDADE DE CARGA TURÍSTICA E MAPEAMENTO DE FRAGILIDADES AMBIENTAIS EM CAVIDADES SUBTERRÂNEAS**

### **4.1 CAPACIDADE DE CARGA TURÍSTICA**

Uma das formas de planejar e preservar trilhas em ambientes sensíveis a visitação é controlar o número de pessoas que usam a trilha, ou seja, aplicar uma metodologia de capacidade de carga para descobrir o número máximo de pessoas que um caminho pode suportar.

Para Alvarado e Palma (2000) a capacidade de carga é um conceito relativo, que envolve considerações científicas, apresentando um conjunto de valores que devem ser relacionados com os objetivos específicos de gestão para uma área e onde os efeitos ambientais não dependem apenas da atividade realizada, mas também da fragilidade ou da capacidade de absorção do meio.

Ainda segundo os mesmos autores, o conceito de capacidade de carga (que foi elaborado por engenheiros agrônomos para determinar a quantidade de cabeças de gado que pode suportar uma pastagem ou agricultura) pode também ser aplicado ao turismo, com a diferença de que:

- 1) ao invés de medir animais, medem-se pessoas;
- 2) as pessoas vão permanecer curtos períodos no local;
- 3) a superfície ocupada pelas pessoas não abrange todo o ambiente, apenas uma pequena parte próxima aos lugares de interesse turísticos.

De acordo com Andrade (2003) a capacidade de carga desenvolveu-se com o objetivo de gerar um indicador quantitativo, ou seja, uma espécie de “termômetro”, para os gestores de áreas onde nunca se fez o acompanhamento sistemático dos impactos de visitação.

Uma metodologia de cálculo para a capacidade de carga foi desenvolvida por Cifuentes (1992) e consiste em três níveis:

- 1) Cálculo de Capacidade de Carga Física (CCF): é o limite máximo de visitas que podem ser feitas em uma trilha em um dia. É dado pela relação entre fatores de visita (horário de funcionamento do local e tempo médio de visita), o espaço disponível entre os visitantes (recomenda-se 6 metros) e o tamanho total da trilha a ser percorrida;

2) Cálculo de Capacidade de Carga Real (CCR): levam-se em conta os fatores limitantes da trilha, geralmente são características particulares de cada local como: exposição ao sol, dificuldade de acesso, declividade da trilha, distúrbio da fauna, fechamento para manutenção, dentre outros;

3) Cálculo da Capacidade de Carga Efetiva (CCE): na qual lista-se tudo o que é necessário para a trilha: infraestrutura e equipamentos e estipula-se o número máximo de visitas que esta trilha é capaz de suportar durante todo um dia.

Para realizar estes cálculos é necessário ter os dados gerais obtidos por meios de trabalhos de campo e pesquisas, possibilitando a realização do cálculo de capacidade de carga.

#### 4.1.2 Estudo de Capacidade de Carga na gruta de Pinheiro Seco

O estudo de capacidade de carga teve como base o roteiro geoturístico proposto para a gruta de Pinheiro Seco. Os dados obtidos referem-se à capacidade de carga física e capacidade de carga real do circuito subterrâneo completo da cavidade, incluindo a trilha principal (trilha básica) e trilha secundária. A trilha principal (básica) possui 270 metros de extensão (ida e volta) e a trilha secundária apresenta 323 metros, sendo que neste trajeto, os visitantes cruzam em direção a outra saída existente na porção sul da cavidade. O percurso total no interior da gruta de Pinheiro Seco é de 593 metros linear.

##### 4.1.2.1 Capacidade Carga Física (CCF)

Para obter o número diário máximo de visitantes, a gruta de Pinheiro Seco foi dividida em duas trilhas distintas, denominadas no presente trabalho como *Trilha Básica* e *Trilha Secundária*. Neste estudo, foram utilizadas as metodologias propostas por Arias et al. (1999) e Lobo (2008), com o intuito de obter a Capacidade de Carga Real (CCR) do referido circuito subterrâneo.

Antes de realizar o estudo da Capacidade de Carga Real (CCR) é necessário calcular o valor da Capacidade de Carga Física (CCF). Para isso foi mensurada a metragem linear total do circuito subterrâneo de visitação, contando

o trajeto de ida e volta e o tempo necessário para realizar todo este percurso. Em relação ao horário de visitação diária, adotaram-se os horários entre 09h00min e 17h00min, totalizando oito horas diárias. Para o cálculo da CCF é preciso dividir o número resultado da metragem linear total da trilha pela metragem linear da distância entre cada visitante (adotada neste estudo por 2 metros lineares), multiplicado pelo número de vezes que um grupo consegue realizar o trajeto diariamente. Como exemplo, se um grupo demora duas horas para realizar o trajeto completo da referida trilha e o horário de visitação é entre as 09h00min e 17h00min (8 horas diárias), a cavidade terá um suporte de quatro grupos de visitantes por dia.

Os cálculos abaixo representam a Capacidade de Carga Física que as trilhas da gruta Pinheiro Seco possuem, conforme a explicação acima mencionada:

$$CCF = \frac{MT}{DV} \times NV$$

$$CCF = \frac{593}{2} \times 4$$

$$CCF = 296,5 \times 4$$

$$CCF = 1186$$

**CCF** = Capacidade de Carga Física.

**MT** = Metragem linear total da trilha (ida e volta).

**DV** = Distância entre cada visitante.

**NV** = Número de vezes que o grupo pode realizar a trilha por dia.

Sendo assim, com as medidas realizadas em campo e com as equações acima indicadas, conclui-se que a Capacidade de Carga Física das trilhas da gruta de Pinheiro Seco é de 1.186 pessoas por dia.

#### 4.1.2.2 Capacidade Carga Real (CCR)

Conforme mencionado posteriormente, o valor da Capacidade de Carga Física (CCF) da *Trilha Básica* é de 1.186 pessoas por dia. Este resultado é muito alto, principalmente considerando as particularidades e fragilidades do ambiente subterrâneo, por isso é necessário realizar os cálculos referentes à Capacidade de Carga Real (CCR). No cálculo da CCR são utilizados fatores de correção que, segundo Lobo (2008), representam problemas mensuráveis de ordem biótica, abiótica e social. Neste estudo foram adotados quatro fatores de correção, sendo eles: Fator de Correção Social (FCsoc); Fator de Correção de Nível de Circulação de Energia (FCnce); Fator de Correção da Geodiversidade (FCgeod); e Fator de Correção de Erodibilidade (FCero).

Para calcular os fatores de correção utiliza-se da seguinte equação:

$$FC_x = 1 - \left( \frac{ML_x}{MT_x} \right)$$

Segundo Cifuentes (1992) estes fatores de correção (FCx) são uma fração entre a magnitude limitante do problema (MLx) em relação à sua magnitude total (MTx). O número de fatores de correção é ilimitado para analisar a Capacidade de Carga Real de um determinado local, mas é importante haver parâmetros lógicos durante os levantamentos dos dados e execução dos cálculos.

#### *Fator de Correção Social (FCsoc)*

O primeiro Fator de Correção estudado na cavidade foi o Fator de Correção Social (FCsoc). Este fator limitante busca uma correção no resultado da Capacidade de Carga Física com o intuito de proporcionar qualidade na atividade turística a ser desenvolvida. Estes cálculos estão centrados principalmente na diminuição de grandes aglomerações de pessoas em um determinado local, o que gera desconforto e perda da qualidade da atividade turística. Neste caso é necessário levar em consideração o isolamento do grupo que está visitando a cavidade, para isso é necessário somar a metragem linear que cada um dos

visitantes usa (2 metros linear) mais cem metros, que seria o valor sugerido de separação entre grupos.

Utiliza-se o valor de cem metros de separação porque se não houver uma distância entre os grupos pode ocorrer uma aglomeração em certos trechos da cavidade. No encontro destes grupos pode ocorrer o pisoteio de áreas fora dos limites indicados para a visita (a trilha subterrânea) devido ao aumento do número de pessoas no mesmo espaço, podendo ocasionar diversos impactos negativos na gruta, como também gerando desconforto aos visitantes. Foi adotada a distância de dois metros entre cada visitante para proporcionar melhor espaço de movimentação.

Orienta-se que na gruta de Pinheiro Seco, área foco deste estudo, os grupos tenham o número máximo de 11 pessoas (10 visitantes mais o guia de turismo). Sendo assim, o valor total que um grupo usará no interior da cavidade é de 122 metros e o valor de isolamento é de 471 metros linear (resultado da subtração da metragem linear total da trilha pela metragem linear que o grupo utiliza), conforme mostra a equação abaixo.

$$Mg = Eeg + (Nv \times Mv)$$

$$Mg = 100 + (11 \times 2)$$

$$Mg = 100 + 22$$

$$Mg = 122$$

$$Ei = MTt - Mg$$

$$Ei = 593 - 122$$

$$Ei = 471$$

**Mg** = metragem que o grupo utiliza no interior da cavidade.

**Ei** = Espaço de isolamento do grupo no interior da caverna.

**Eeg** = Espaço entre grupos.

**Nv** = Número máximo de pessoas em um grupo de visitantes (incluindo o guia).

**Mv** = Metragem linear que cada visitante utiliza no interior da cavidade.

**MTt** = Magnitude Total referente à metragem linear total da trilha (ida e volta).

Com o resultado de isolamento do grupo no interior da cavidade, o cálculo do Fator de Correção Social se apresenta da seguinte maneira:

$$FC_{soc} = 1 - \left( \frac{ML_{soc}}{MT_t} \right)$$

$$FC_{soc} = 1 - \left( \frac{471}{593} \right)$$

$$FC_{soc} = 1 - 0,794266$$

$$FC_{soc} = 0,205734$$

**FC<sub>soc</sub>** = Fator de Correção Social.

**ML<sub>soc</sub>** = Magnitude Limitante referente ao valor de isolamento do grupo de visitantes.

**MT<sub>t</sub>** = Magnitude Total referente à metragem linear total da trilha (ida e volta).

#### *Fator de Correção do Nível de Circulação de Energia (FC<sub>nce</sub>)*

O segundo Fator de Correção analisado foi o do Nível de Circulação de Energia (FC<sub>nce</sub>). O nível de circulação de energia (NCE) de uma cavidade subterrânea refere-se à quantidade de entrada e saída de matéria no interior da cavidade, resultado das fontes de energia ali existentes, tais como correntes de ar, cursos hídricos e ação de animais, como, por exemplo, os morcegos, responsáveis pelo aporte alimentar cavernícola. A presença de dolinas, claraboias e demais entradas na cavidade subterrânea são fatores que contribuem para o aumento do NCE, principalmente devido à entrada de matéria orgânica vegetal e animal e na modificação da circulação do ar subterrâneo.

Este estudo realizou uma adaptação na proposta de Lobo (2008) para quantificar o nível de circulação de energia, atribuindo cinco pesos, conforme indicado na tabela 1.

Tabela 1: Classificação dos pesos referente ao nível de Circulação de Energia (NCE).

| Peso | Nível de NCE | Especificações do ambiente                                                          |
|------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | Nula         | Classificado como locais de alta fragilidade para o uso turístico.                  |
| 0,75 | Baixa        | Trata-se de locais com fragilidade para o desenvolvimento de atividades turísticas. |
| 0,5  | Moderada     | Locais indicados para uso turístico, mas com certas restrições.                     |
| 0,25 | Alta         | Locais que podem receber turistas.                                                  |
| 0    | Extrema      | São os ambientes mais propícios para o desenvolvimento de atividades turísticas.    |

Na *Trilha Básica* da gruta de Pinheiro Seco o nível de circulação de energia é classificado como alto (peso 0,25), pois apesar de não apresentar um curso hídrico, há uma boa circulação de ar em seu interior, bem como há duas entradas e claraboia. A classificação do NCE na *Trilha Secundária* apresentou peso 0,5, tratando-se de um local com certas restrições para a atividade turística, pois em certos trechos há baixa circulação de energia. A partir destes dois valores foi realizado o cálculo para obter a média entre as duas trilhas.

$$MMLnce = \left( \frac{MLnceTB + MLnceTS}{NML} \right)$$

$$MLnce = \left( \frac{0,25 + 0,5}{2} \right)$$

$$MLnce = \left( \frac{0,75}{2} \right)$$

$$MLnce = 0,375$$

**MMLnce** = Média da Magnitude Limitante referente ao Nível de Circulação de Energia.

**MLnceTB** = Magnitude Limitante referente ao peso do Nível de Circulação de Energia da *Trilha Básica*.

**MLnceTS** = Magnitude Limitante referente ao peso do Nível de Circulação de Energia da *Trilha Secundária*.

**NML** = Número de Magnitudes Limitantes analisadas.

Levando em consideração o resultado da média da magnitude limitante do nível de circulação de energia (entre a *Trilha Básica* e *Trilha Secundária*), o cálculo do FCnce apresentou o seguinte resultado:

$$\begin{aligned}
 \text{FCnce} &= 1 - \left( \frac{\text{MMLnce} \times \text{MTt}}{\text{MTt}} \right) \\
 \text{FCnce} &= 1 - \left( \frac{0,375 \times 593}{593} \right) \\
 \text{FCnce} &= 1 - \left( \frac{222,375}{593} \right) \\
 \text{FCnce} &= 1 - 0,375 \\
 \text{FCnce} &= 0,625
 \end{aligned}$$

**FCnce** = Fator de Correção do Nível de Circulação de Energia.

**MMLnce** = Média da Magnitude Limitante referente ao peso do Nível de Circulação de Energia.

**MTt** = Magnitude Total referente à metragem linear total da trilha (ida e volta).

#### *Fator de Correção da Geodiversidade (FCgeo)*

O terceiro fator de correção analisado durante os estudos de capacidade de carga real da gruta de Pinheiro Seco foi o referente à Geodiversidade (FCgeo). Este fator se refere aos impactos negativos oriundos da atividade turística sobre os elementos abióticos presentes na caverna, destacando principalmente os espeleotemas (estalactites, estalagmites, colunas, cortinas, canudos, flores de calcita, cortinas, cascatas de rocha, represas de travertino, ninhos de pérolas, helectites), os depósitos clásticos (fragmentos de rochas depositados e sedimentados no piso, paredes e tetos da cavidade) e espeleogens (cúpulas e dutos de dissolução, *scallops*, e demais feições erosivas de relevante singularidade).

Para obter a magnitude limitante adotou-se o método da soma da distância linear das áreas que apresentam suscetibilidade a impactos negativos oriundos da atividade de visitação, principalmente os locais onde o visitante terá contato direto com os elementos abióticos, apresentando risco de degradação deste

patrimônio natural. Durante os trabalhos de levantamento em campo foram identificados cinco pontos que apresentam riscos de impactos negativos à geodiversidade da cavidade, totalizando 73,28 metros de desenvolvimento linear.

O primeiro é um ponto onde os visitantes se apóiam em cortinas, colunas e cascatas de rocha para transpor uma passagem, causando também o pisoteio em algumas represas de travertinos. O segundo ponto é uma área onde o turista é obrigado a passar sobre uma sucessão de pequenas represas de travertinos. O terceiro trecho é uma galeria extremamente apertada situada no início da Trilha Secundária, por onde os visitantes transpõem muito próximos a várias estalactites e um ninho de pérolas (o maior da gruta de Pinheiro Seco). Outro local de elevada fragilidade da geodiversidade é a Galeria dos Canudos, onde ocorre a maior concentração de canudos na cavidade. O quinto e último trecho que apresenta fragilidade com relação à geodiversidade é uma sequência de depósitos clásticos e espeleotemas. Neste local ocorrem vários fragmentos de rochas sedimentados nas paredes e teto da cavidade, sendo um exemplo bastante didático, tratando-se do melhor em questão na referida gruta.

Os trechos acima mencionados estão expostos e sujeitos a impactos negativos, sendo importante a aplicação de um fator de correção no estudo da capacidade de carga, a fim de evitar danos ao patrimônio geológico da caverna. A partir destas observações, foi calculado o Fator de Correção da Geodiversidade.

$$FC_{geo} = 1 - \left( \frac{ML_{geo}}{MTt} \right)$$

$$FC_{geo} = 1 - \left( \frac{73,28}{593} \right)$$

$$FC_{geo} = 1 - 0,123575$$

$$FC_{geo} = 0,876425$$

**FC<sub>geo</sub>** = Fator de Correção da Geodiversidade.

**ML<sub>geo</sub>** = Magnitude Limitante da geodiversidade.

**MTt** = Magnitude Total referente à metragem linear total da trilha (ida e volta).

### *Fator de Correção da Erodibilidade (FCero)*

O Fator de Correção da Erodibilidade (FCero), foi adotado para analisar a erodibilidade do solo presente no interior da cavidade. Para realizar seu cálculo é preciso utilizar o método da soma da distância linear das áreas que apresentam suscetibilidade à erosão do solo, semelhante ao critério utilizado no cálculo do Fator de Correção da Geodiversidade (FCgeo). O solo presente em cavidades subterrâneas possui uma importância fundamental, principalmente para a manutenção de espécies animais cavernícolas. É no solo que vivem diversos invertebrados, utilizando esta parte da caverna para se alimentar e reproduzir. Ou seja, qualquer alteração causada no solo, pode afetar diretamente o equilíbrio ecológico da caverna.

Três especificidades foram analisadas durante o estudo de erodibilidade na gruta de Pinheiro Seco. O primeiro é relativo à inclinação do piso da caverna, o que contribui diretamente na preservação do solo, pois em locais de declividade acentuada, com o pisoteio pode haver deslocamento de solo, desencadeando processos erosivos diversos. A segunda especificidade é referente à composição do solo, que sendo mais argiloso, passa mais por processo de compactação do que de erosão, mas quando há muito matéria orgânica, nota-se que o solo é facilmente erodido. A terceira especificidade refere-se à presença de água, pois apesar da gruta Pinheiro Seco não apresentar curso hídrico, há vários pontos onde ocorre gotejamento constante, podendo acumular quantidade significativa de água e, em certos trechos, formam pequenos filetes de água, capazes de desestruturar e erodir o solo da caverna. A combinação destas especificidades, juntamente com o uso turístico é o que pode acarretar no processo erosivo do solo subterrâneo.

No entanto, observou-se que o solo presente na *Trilha Básica* não apresenta características de processos erosivos, pois nos locais onde ocorre, o solo está compactado e a inclinação do piso é muito baixa. Ao analisar a *Trilha Secundária* foram identificados dois pontos com ocorrência de processos erosivos do solo. O primeiro trata-se de um local onde há muita água oriunda da infiltração na rocha, combinada com uma inclinação do piso de aproximadamente 50°. A água que infiltra acaba formando pequenos canais que aceleram o processo de

erosão. O segundo ponto, apesar de apresentar baixa inclinação, mostra a presença de água que forma um barro extremamente pegajoso e quando os visitantes passam inicia-se um elevado processo de remoção e transporte deste material, para outros trechos da caverna, pois grande quantidade de solo se fixa nos calçados. No total foram identificados 52 metros com problemas de erodibilidade do solo, e o resultado do Fator de Correção da Erodibilidade (FCero) foi calculado conforme mostra abaixo:

$$FCero = 1 - \left( \frac{MLero}{MTt} \right)$$

$$FCero = 1 - \left( \frac{52}{593} \right)$$

$$FCero = 1 - 0,087689$$

$$FCero = 0,912311$$

**FCero** = Fator de Correção da Erodibilidade.

**MLero** = Magnitude Limitante referente a Erodibilidade.

**MTt** = Magnitude Total referente à metragem linear total da trilha (ida e volta).

Após efetuar os cálculos dos seis fatores de correção, é possível obter a Capacidade de Carga Real (CCR) da *Trilha Básica* da gruta Pinheiro Seco, conforme apresenta o cálculo a seguir:

$$CCR = CCF \times (FCsoc \times FCnce \times FCgeo \times FCero)$$

$$CCR = 1186 \times (0,205734 \times 0,625 \times 0,876425 \times 0,912311)$$

$$CCR = 1186 \times (0,1028119877795722)$$

$$CCR = 121,93$$

Neste estudo não foi adotado o Fator de Correção Biológico (FCbio), pois não há pesquisas bioespeleológicas na cavidade em questão. Da mesma forma, ainda não há critérios para trabalhar com estes dados como fatores de correção. Considera-se que integrar as características biológicas nos estudos de capacidade de carga de ambientes subterrâneos é de grande importância, mas

por se tratar de elementos dinâmicos e em constante movimento dentro da cavidade, torna-se um desafio estabelecer uma metodologia que os trate como fatores limitantes nos cálculos de capacidade de carga, no método de Cifuentes (1992).

Os resultados dos cálculos de Capacidade de Carga Real (CCR) do trajeto turístico da gruta de Pinheiro Seco (incluindo a *Trilha Básica* e *Trilha Secundária*) indicam que o número máximo de visitantes é de 121,93 por dia. Orienta-se que este número deve ser um fator limitante em relação ao geoturismo na referida área, devendo ser considerado em futuras políticas e ações de manejo da gruta de Pinheiro Seco. Pode-se dizer que os estudos de capacidade de carga turística não são conclusivos, pois há uma necessidade de atualização de conceitos e metodologias, com o intuito de buscar um constante equilíbrio entre o uso turístico e a conservação do ambiente em questão.

#### 4.2 MAPEAMENTO DE FRAGILIDADES AMBIENTAIS DA GRUTA DE PINHEIRO SECO

O mapeamento de fragilidades dos ambientes subterrâneos tem por objetivo identificar as especificidades de cada ponto da caverna relativo à determinada fragilidade que este local apresenta, podendo incluir os aspectos biológicos, geológicos, hidrológicos, microclimáticos, dentre vários outros critérios que possam ser avaliados. No método proposto por Lobo et al. (2013), as fragilidades das cavernas são identificadas após estudos realizados por profissionais especializados nas diferentes áreas da espeleologia. Segundo os mesmos autores, com estes dados, é possível obter as fragilidades de cada área da cavidade analisada, expressando tais resultados em mapas temáticos, por meio de níveis de fragilidade previamente definidos.

Para a elaboração dos mapas de fragilidades da gruta de Pinheiro Seco foram realizados estudos a partir de dois critérios: fragilidade da geodiversidade e fragilidade do Nível de Circulação de Energia (NCE). Para cada critério foi elaborado um mapa de fragilidade da caverna, indicando através de cores, o grau de fragilidade, conforme mostra a tabela 2.

Tabela 2: Níveis de fragilidades ambientais segundo Lobo et al. (2013).

| <b>Nível de Fragilidade</b> | <b>Valores (%)</b> | <b>Cor da legenda</b> | <b>Breve descrição</b>                                                           |
|-----------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Máxima                      | 75,01 - 100        | Preto                 | Incompatibilidade da área específica para o uso turístico.                       |
| Alta                        | 50,01 - 75         | Vermelho              | Compatibilidade relativa da área específica para um cenário turístico projetado. |
| Moderada                    | 25,01 - 50         | Amarelo               |                                                                                  |
| Baixa                       | 0,01 - 25          | Verde                 |                                                                                  |
| Inexistente                 | -                  | Branco                | Ausência de estudos e/ou fragilidades detectadas.                                |

Lobo et al. (2013) explicam que a fragilidade total em relação a cada um dos critérios é estimada para uma zona específica ou para a caverna como um todo. Para chegar ao valor da fragilidade (expressa em porcentagem) é preciso determinar um valor de fragilidade para temas específicos de um critério analisado.

A primeira fase do processo de determinação do nível de fragilidade da gruta de Pinheiro Seco foi a realização de uma visita técnica, envolvendo diversos espeleólogos do Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas (GUPE), a fim de realizar um diagnóstico participativo. As etapas de determinação do nível de fragilidade incluiu: 1) identificação de áreas com características homogêneas em relação a cada tema estudado; 2) discussão e aplicação dos níveis de fragilidade para cada tema e critério trabalhado (expresso em porcentagem e baseado na avaliação coletiva do grupo e consenso geral) e; 3) mapeamento estabelecendo zoneamento das fragilidades estudadas.

Ao final do diagnóstico participativo, a gruta de Pinheiro Seco foi dividida em doze áreas em relação ao zoneamento da fragilidade da geodiversidade e sete área referente ao zoneamento da fragilidade do nível de circulação de energia (NCE).

A segunda etapa para a determinação do nível de fragilidade para cada tema e critério avaliado, envolveu a confecção de tabelas específicas para cada área da gruta, conforme exemplificam as tabelas 3 e 4.

Tabela 3: Valores das fragilidades de cada tema (espeleotemas, espeleogens e depósitos clásticos), referente ao critério geodiversidade, no exemplo obtido no estudo de um trecho da Trilha Secundária (área A6 da gruta de Pinheiro Seco), classificado como fragilidade máxima (coloração preta).

| AREA – A6                              |                     |                  |                    |                     |                   |
|----------------------------------------|---------------------|------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| Fragilidade                            | Critérios           | Susceptibilidade |                    |                     |                   |
|                                        |                     | Verde<br>(0-25)  | Amarelo<br>(26-50) | Vermelho<br>(51-75) | Preto<br>(76-100) |
| Geodiversidade                         | Espeleogens         |                  |                    |                     | 90                |
|                                        | Espeleotemas        |                  |                    |                     | 92                |
|                                        | Depósitos clásticos |                  | 49                 |                     |                   |
| Nível de fragilidade da geodiversidade |                     |                  |                    |                     | <b>77,0</b>       |

Tabela 4: Valores das fragilidades de cada tema (dimensões da galeria, circulação do ar e presença de curso hídrico), referente ao critério Nível de Circulação de Energia (NCE), no exemplo obtido no estudo de um trecho da Trilha Secundária (área A7 da gruta de Pinheiro Seco), classificado como fragilidade alta (coloração vermelha).

| AREA – A7                                                    |                           |                  |                    |                     |                   |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| Fragilidade                                                  | Critérios                 | Susceptibilidade |                    |                     |                   |
|                                                              |                           | Verde<br>(0-25)  | Amarelo<br>(26-50) | Vermelho<br>(51-75) | Preto<br>(76-100) |
| Nível de Circulação de Energia - NCE                         | Dimensões da galeria      |                  |                    |                     | 80                |
|                                                              | Circulação do ar          |                  |                    | 55                  |                   |
|                                                              | Presença de curso hídrico |                  |                    | 51                  |                   |
| Nível de fragilidade da Nível de Circulação de Energia - NCE |                           |                  |                    |                     | <b>62</b>         |

Após, foi preciso realizar a soma dos valores atribuídos para cada tema e dividir pelo número total de temas trabalhados, para obter o nível de fragilidade final da área estudada, conforme mostra a equação abaixo:

$$F_x = \frac{T_{x1} + T_{x2} + T_{x3} \dots + T_{xn}}{T_t}$$

**F<sub>x</sub>** = Fragilidade trabalhada.

**T<sub>x1, 2, 3...n</sub>** = Valor atribuído aos temas específicos.

**T<sub>t</sub>** = Total de números de temas utilizados para analisar a fragilidade em questão.

Aplicando esta sequência lógica, a partir dos resultados dos estudos das características do ambiente cavernícola, é possível tabelar os dados e espacializá-los nos mapas temáticos de fragilidade ambiental. É importante ressaltar que esta técnica deve estar embasada em amplo conhecimento dos critérios adotados, como também da geografia da cavidade subterrânea em questão, durante e pós trabalho de campo, pois para a execução dos mapas temáticos é preciso estabelecer os zoneamentos (área de abrangência) de cada critério trabalhado.

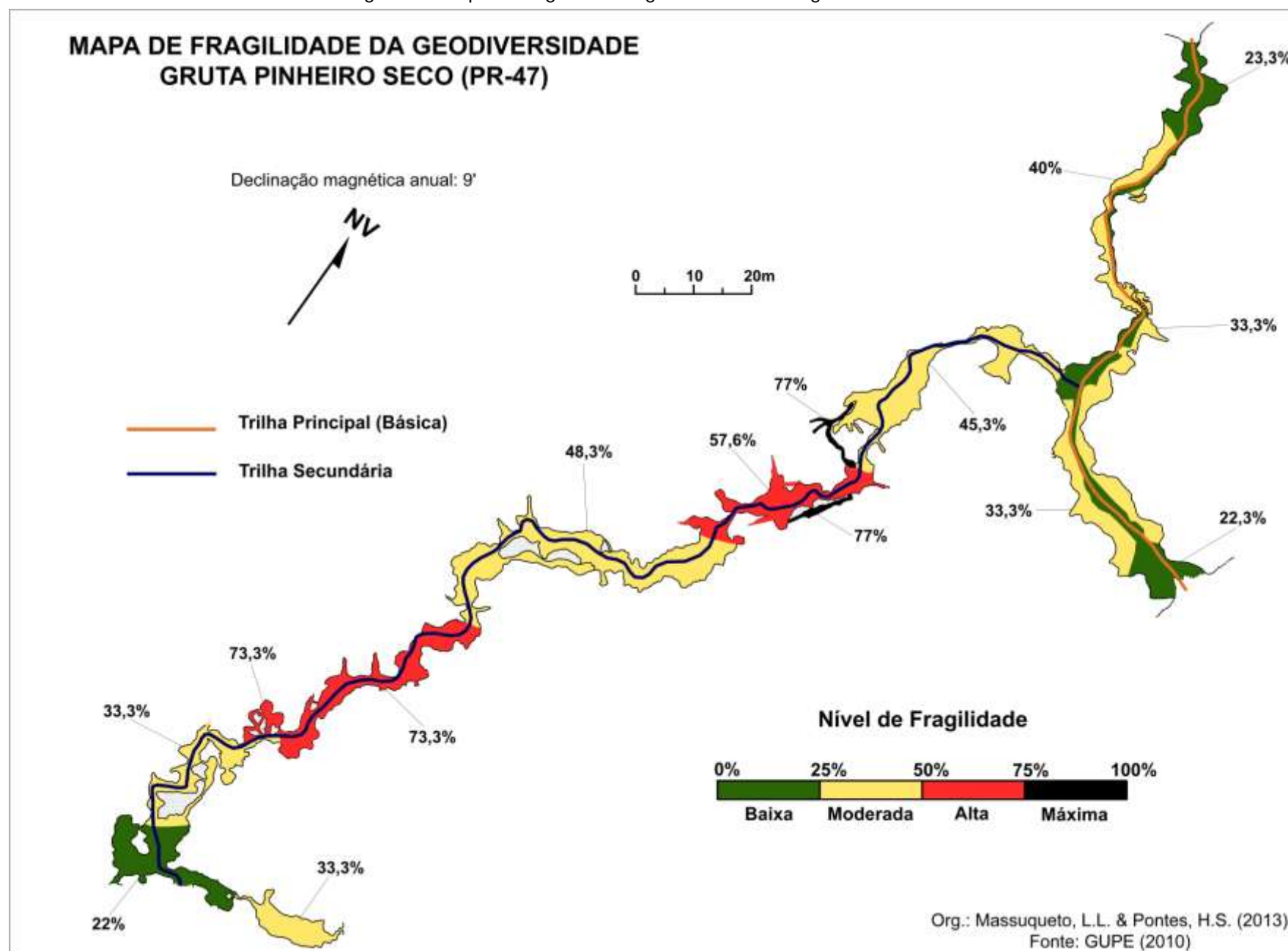
#### 4.2.1 Fragilidade da Geodiversidade

O critério fragilidade da geodiversidade teve como intuito identificar a fragilidade de todas as feições da caverna ligadas aos aspectos geológicos e geomorfológicos, tais como: espeleotemas (estalactites, estalagmites, cortinas, colunas, represas de travertinos, ninhos de pérolas, etc.), depósitos clásticos e espeleogens (dutos e cúpulas de dissolução, *scallops*, etc.).

A partir dos estudos realizados na gruta de Pinheiro Seco, foi possível elaborar o mapa de fragilidade da geodiversidade (Figura 45). Com relação a esta fragilidade, a cavidade apresenta dois pontos críticos, situados na *Trilha Secundária*, com nível de fragilidade máxima, sendo incompatível a prática de turismo nestes locais. Ambos os casos tratam-se de galerias situadas em níveis diferentes da galeria principal, apresentando passagens estreitas, as quais exigem o rastejo constante para prospectá-la, abrigando diversos canudos e flores de calcita. Tais espeleotemas podem ser quebrados facilmente durante a locomoção nas referidas galerias, por isso estas áreas foram enquadradas como incompatíveis para o uso turístico.

Outro ponto apresentou nível de fragilidade alta, pois além da presença de inúmeros espeleotemas, ocorre a maior concentração de depósitos clásticos da gruta, apresentando elevado valor didático/científico. Nesta porção ainda é possível encontrar vários espeleogens, alguns com elevada singularidade, com formatos diferentes, como a feição chamada de “perna”.

Figura 45: Mapa de fragilidade da geodiversidade da gruta de Pinheiro Seco.



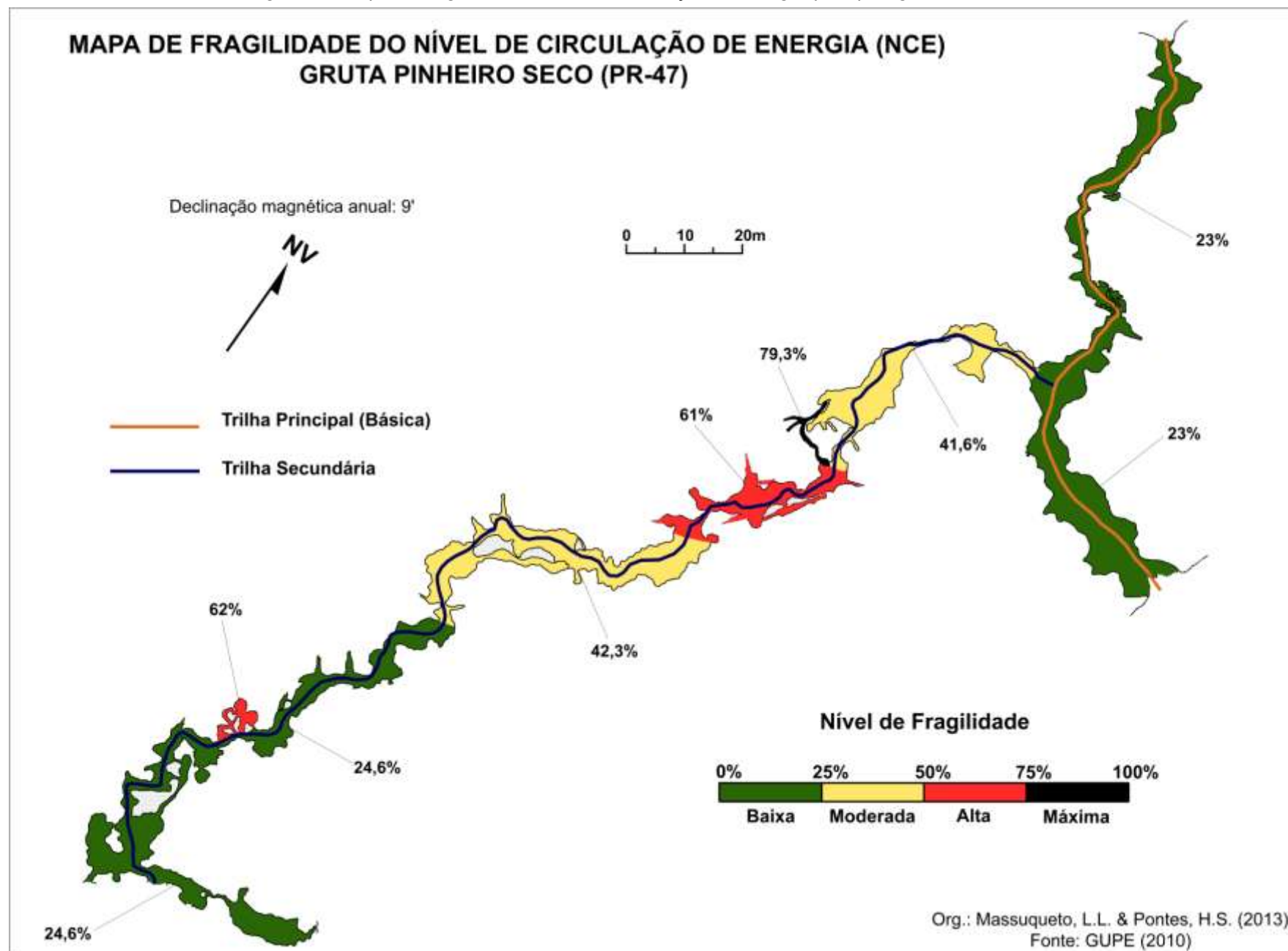
#### 4.2.2 Fragilidade do Nível de Circulação de Energia (NCE)

A fragilidade do Nível de Circulação de Energia (NCE) é um critério que analisou a circulação de matéria no interior da cavidade, oriunda das fontes de energia ali existentes, tais como correntes de ar, cursos hídricos e ação de animais. Conforme mencionado anteriormente, a presença de dolinas, clarabóias e demais entradas e dimensões das galerias da cavidade são fatores que contribuem no aumento e/ou diminuição do NCE, pois estes fatores estão relacionados à entrada de matéria orgânica vegetal e animal e na modificação da circulação do ar subterrâneo.

Após as análises do NCE foi possível elaborar o mapa temático específico a este critério, destacando que o mesmo apresentou limitações diferentes do mapa de fragilidade da geodiversidade (Figura 46).

A *Trilha Básica* apresentou baixo nível de fragilidade em toda sua extensão, devido ao fato de possuir duas entradas distintas e galerias amplas, possibilitando boa circulação do ar nesta porção da caverna. Com relação à *Trilha Secundária*, somente pouco mais da metade desta porção da caverna apresentou limitações ao uso turístico. Trata-se de trechos com galerias de dimensões reduzidas, com quebra-corpo, teto baixo e passagens estreitas. Estes pontos apresentam alguns problemas, principalmente na circulação da corrente de ar e na reciclagem da atmosfera subterrânea.

Figura 46: Mapa de fragilidade do nível de circulação de energia (NCE) da gruta de Pinheiro Seco.



#### 4.2.3 Integração dos Mapas de Fragilidade

Após elaboração dos mapas de fragilidade da geodiversidade e do Nível de Circulação de Energia (NCE), foi elaborado um mapa final, contendo a média das fragilidades da cavidade (Figura 47). Segundo Lobo et al. (2013) com esta sobreposição dos mapas temáticos, é possível criar dois tipos de mapas, contendo máxima fragilidade, correspondendo à maior fragilidade identificada a partir de qualquer critério estudado e/ou contendo a média das fragilidades, através da média dos valores obtidos a partir do estudo dos critérios adotados.

Neste estudo, optou-se em realizar a média dos dois mapas de fragilidade (geodiversidade e NCE). Para isso, foi necessário analisar pontualmente os dois mapas gerados, coletando os valores referentes ao nível de fragilidade de cada área da caverna. Após tabelados os valores de cada nível de fragilidade, foi realizada a soma dos dois níveis de fragilidade (geodiversidade e NCE) para cada área da caverna, o valor foi dividido por dois (referente aos dois critérios de fragilidades trabalhados). O resultado desta equação é a média da fragilidade da área específica da gruta de Pinheiro Seco, conforme exemplifica o cálculo abaixo.

$$F_{am} = \frac{F_{geo} + F_{nce}}{T_c}$$

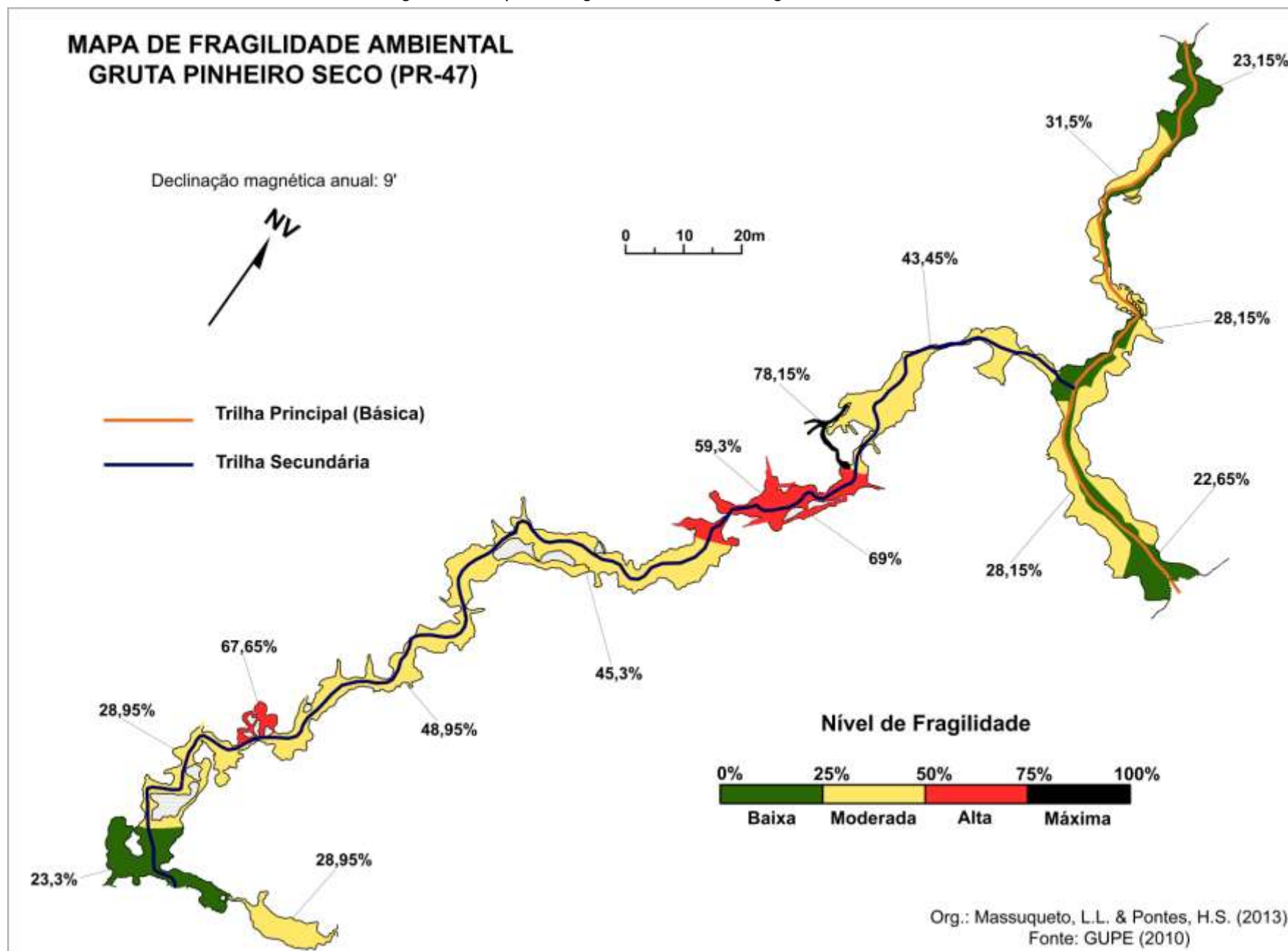
**F<sub>am</sub>** = Fragilidade ambiental média.

**F<sub>geo</sub>** = Valor da Fragilidade da Geodiversidade.

**F<sub>nce</sub>** = Valor da Fragilidade do Nível de Circulação de Energia (NCE).

**T<sub>c</sub>** = Total de critérios. Neste estudo o T<sub>c</sub> = 2 (geodiversidade e NCE).

Figura 47: Mapa de fragilidade ambiental da gruta de Pinheiro Seco.



Depois de realizar o cálculo da média para todas as áreas da gruta de Pinheiro Seco foi possível integrar as informações dos dois mapas temáticos e construir o mapa de Fragilidade Ambiental da referida gruta.

Estes mapas devem ser utilizados para nortear o gerenciamento da cavidade, principalmente no uso turístico. Ressalta-se a necessidade de um mapeamento de fragilidade da biodiversidade do local, pois a gruta abriga diversos animais, podendo haver perdas significativas caso este critério não seja adicionado no manejo ambiental da área em questão. Como observam Lobo et al. (2013), este tipo de estudo serve como uma proposta alternativa de gestão turísticas em cavernas, trazendo um método diferente do proposto por Arias et al. (1999), o qual traz cálculos mais deterministas e, de certa forma, engessados.

Os mapas de fragilidades devem ser analisados por profissionais especializados nas mais diversas áreas do conhecimento, bem como monitores e guias de turismo, órgãos do governo e população interessada, servindo assim, como um material de apoio nas tomadas de decisão e como ferramenta de gestão e conservação do patrimônio espeleológico.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Situada em um relevo cárstico, a região de Pinheiro Seco é marcada por paisagens que estão intimamente ligadas aos aspectos geológicos. A geodiversidade da área é representada pela existência de cavernas, *canyons*, escarpados rochosos, dolinas e demais feições típicas de ambientes cársticos.

As explorações executadas na referida área de estudo, além de resultarem em novas descobertas espeleológicas, também permitiram caracterizar o meio abiótico de cinco diferentes cavernas, incluindo levantamento topográfico e descrição dos aspectos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos. Além do reconhecimento de feições de interesse, em decorrência deste estudo foi criado um acervo fotográfico das cavidades subterrâneas e região de entorno.

Com este diagnóstico é possível concluir que a região de Pinheiro Seco possui um significativo potencial espeleológico, havendo aspectos que favorecem a realização do geoturismo na região, tais como: roteiro de visita em diversas cavernas; interação das comunidades locais com as cavidades (reconhecimento e integração das cavernas no contexto histórico/cultural local) e autorização dos proprietários das terras para acesso às grutas. Este último é o fator de maior importância, pois em áreas onde não há Unidades de Conservação é comum ocorrer a rejeição dos proprietários em relação à prática de turismo.

As cavidades de Pinheiro Seco possuem valor científico justificado pela diversidade de feições que evidenciam processos genéticos e a evolução destes ambientes. As galerias subterrâneas se destacam pela grandeza, estando entre as maiores cavernas do Paraná, sendo constituídas por uma diversidade de espeleotemas que propiciam singularidade às cavernas e atribuem a elas valor estético. Destaca-se a presença de um valor cultural na região estudada, o qual está intrinsecamente relacionado com a história de vida das comunidades que residem próximo as cavernas, envolvendo fatos e contos sobre as cavidades subterrâneas ali encontradas.

A gruta de Pinheiro Seco é a maior e mais conhecida cavidade da região foco deste estudo, apresentando 650 metros de desenvolvimento linear. Sua geodiversidade é representada por inúmeros espeleotemas, espeleogens e depósitos clásticos de grande interesse científico, principalmente para a

compreensão dos processos e evolução do ambiente em questão. Por ser a mais expressiva no contexto regional, a gruta de Pinheiro Seco é a que mais recebe visitantes, porém não há controle do número de pessoas. Devido a isso, foram identificados alguns problemas oriundos do turismo sem manejo, principalmente: inscrições em paredes e tetos; abandono de resíduos sólidos e; quebra de espeleotemas.

A visitação sem controle em cavernas pode resultar em diversos impactos negativos, apresentando riscos ao patrimônio espeleológico. Assim sendo, foram elaborados estudos com o intuito de obter dados empíricos que auxiliem na implantação e no gerenciamento do geoturismo.

Com o intuito de conhecer os limiares críticos da visitação turística, buscando estabelecer zoneamentos de uso e número máximo de visitantes (por dia) que a gruta de Pinheiro Seco suporta, foram adotadas duas metodologias. A primeira é a Capacidade de Carga Turística, que resulta na Capacidade de Carga Real (CCR) e a segunda metodologia refere-se ao mapeamento de fragilidades ambientais, estabelecendo zoneamento específico a partir da espacialização geográfica das fragilidades da caverna.

O primeiro resultado deste estudo foi o roteiro geoturístico da gruta de Pinheiro Seco. Trata-se de um mapeamento da trilha subterrânea, delimitando o melhor traçado que os visitantes devem seguir ao visitar a cavidade, possibilitando a proteção de áreas que apresentam fragilidades. Este roteiro apresenta dezoito pontos de parada, os quais foram propostos para servir de locais de explicação sobre as características diversas da caverna, sendo possível a prática de atividades educativas e técnico/científicas.

Baseado em cálculos matemáticos e estudos das características físicas da caverna, os resultados da Capacidade de Carga Real indicaram capacidade máxima de 121,93 visitantes por dia. Este estudo foi feito levando em consideração alguns fatores de correção, como: a capacidade de carga física local; fator de correção social; fator de correção do nível de circulação de energia; fator de correção da erodibilidade e; fator de correção da geodiversidade. O estudo da Capacidade de Carga levou em consideração que a visitação deva ser realizada com grupos de no máximo dez visitantes mais o guia de turismo.

O mapeamento de fragilidades ambientais apontou as áreas de maior risco de degradação do patrimônio espeleológico, bem como os melhores locais para receber visitantes. Com este método foram mapeadas a fragilidade da geodiversidade e fragilidade do nível de circulação de energia, gerando dois cartogramas distintos. A partir da integração destes dois mapas obteve-se um mapa final de fragilidades ambientais, obtendo zoneamentos da caverna, os quais indicam os melhores locais para a implantação do turismo no interior da gruta de Pinheiro Seco, e possibilitam estabelecer diferentes das apresentadas no estudo de Capacidade de Carga.

A realização do presente trabalho mostrou uma proposta alternativa para se usar em projetos e estudos de gestão turística em cavernas, pois apresenta um método diferente dos critérios matemáticos empregados nos cálculos de capacidade de carga turística. O número obtido no levantamento da Capacidade de Carga Real (CCR) deve ser norteador em relação ao suporte turístico que a cavidade venha a receber, mas não pode ser eternizado como um valor único ou imutável. Com os mapeamentos de fragilidades é possível identificar e delimitar com maior precisão as áreas sujeitas à degradação e seus níveis de fragilidade, podendo modificar os resultados obtidos na CCR, aumentando ou diminuindo o número de visitantes diários e indicando especificamente as vulnerabilidades da cavidade subterrânea.

Por fim, com os resultados desta pesquisa também foi possível propor uma forma de visitação na cavidade, evitando ao máximo a ocorrência de impactos negativos no ambiente subterrâneo. A continuação de estudos na região de Pinheiro Seco se faz necessária, pois ainda há dados que podem ser incrementados e que auxiliem na conservação das cavernas ali presentes.

Ressalta-se a importância da realização de estudos nos sistemas cársticos, incluindo os ambientes subterrâneos e superficiais, envolvendo as mais variadas áreas da ciência, pois estes ambientes apresentam uma dinâmica flutuante, caracterizados como sistemas complexos e de elevada fragilidade ambiental. As pesquisas nestes sistemas auxiliam nas políticas públicas e indicam práticas que integram o uso dos recursos naturais e conservação da diversidade biológica e abiótica, visando por fim a geoconservação.

## REFERÊNCIAS

ALVARADO, R.; PALMA, J. A. **Cálculo de la Capacidad de Carga Turística del Rio Chagres**. Panamá: CEPESA. 2000.

ANDRADE, J.V. **Turismo fundamentos e dimensões**. São Paulo: Ática, 1995.

ANDRADE, W.J. Implantação e manejo de trilhas. *In: Manual de Ecoturismo de Base Comunitária: Ferramentas para um planejamento responsável*. Brasília: WWF Brasil, 2003.

ANDRADE, W., ROCHA, R. **Manual de Trilhas: Um Manual para Gestores**. São Paulo: Instituto Florestal. 2008.

ARIAS, M.C., MESQUISA, C.A.B., MÉNDEZ, J., MORALES, M.E., AGUILAR, N., CANCINO, D., GALLO, M., JOLÓN, M., RAMÍREZ, C., RIBEIRO, N., SANDOVAL, E., TURCIOS, M. **Capacidad de Carga Turística de las Áreas de Uso Público del Monumento Nacional Guayabo, Costa Rica**. Turrialba, CC.R.: WWF: CATIE, 1999. 75 p.

BIGARELLA, J.J., BECKER, R.D., SANTOS, G.F. **Estruturas e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. Fundamentos geológicos-geográficos, Alteração química e física das rochas e Relevo cárstico e dômico. 2ª edição. Florianópolis: Editora da UFSC, 2007.

BRILHA, J. **Patrimônio Geológico e Geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. Lisboa: Palimage, 2005. 183p.

CAMARGO, C.K., SPOLADORE, A. **Considerações geológicas e geomorfológicas sobre a distribuição de cavernas carbonáticas no primeiro planalto paranaense**. Anais do XXX Congresso Brasileiro de Espeleologia. Montes Claros, Minas Gerais, 2009. p.11-17.

CIFUENTES, M. **Determinación de Capacidad de Carga Turística en áreas protegidas**. Centro Agronômico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1992. Disponível na internet.

COLLET, G.C. **Contribuição para elaboração de um glossário espeleológico**. Grupo Espeleológico Bagrus. São Paulo, 1981.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRA DO IGUAPE E LITORAL SUL. Caderno de Informações para Consulta Pública do Plano da Bacia. 2008 – Disponível em: [http://geolig.igc.usp.br/geoproc/rs\\_ugrhi\\_rb/app/Caderno\\_Consulta\\_Pub\\_Plano\\_Bacia\\_RB\\_2008.pdf](http://geolig.igc.usp.br/geoproc/rs_ugrhi_rb/app/Caderno_Consulta_Pub_Plano_Bacia_RB_2008.pdf). Acesso em: 12 jul. 2012

DEMATTEIS, G.. **Manual de la Espeleologia**. Editorial Labor S.A., Barcelona, 1975.

DIAS, A.C., QUEIROZ, M.H. Elaboração de trilha interpretativa na Unidade de Conservação Desterro. *In: Anais do 1º Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação*. Curitiba: IAP: Unilivre, 1997. v.2. p 429-439.

DIRETRIZES PARA VISITAÇÃO EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO / MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS. Departamento de Áreas Protegidas. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 72p.

FIGUEIREDO, L.A.V., RASTEIRO, M.A., RODRIGUES, P.C. **Legislação para a proteção do Patrimônio Espeleológico Brasileiro: mudanças, conflitos e o papel da sociedade civil**. SBE – Campinas, SP. Espeleo-Tema. v. 21, n. 1, p. 49-65. 2010.

FOLMANN, A. **Trilhas Interpretativas como instrumento de geoturismo e geoconservação: caso da trilha do Salto São Jorge, Campos Gerais do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Geografia – Gestão do Território). Ponta Grossa. UEPG, 2010. 134 p.

FORD, D. Karst. *In: GUNN, J. Encyclopedia of caves and karst science*. Fitzroy Dearborn, New York. 2004.

GUPE. **Levantamento topográfico espeleológico da gruta Catedral da Luz**. 2011. Disponível em: <<http://www.gupe.org.br/#!/pesquisas/vstc3=mapoteca-gupe>> Acesso em: 27 fev. 2013

GUPE. **Levantamento topográfico espeleológico da gruta de Pinheiro Seco**. 2011. Disponível em: <<http://www.gupe.org.br/#!/pesquisas/vstc3=mapoteca-gupe>> Acesso em: 27 fev. 2013

GUPE. **Levantamento topográfico espeleológico da gruta Ribeirão do Areial**. 2011. Disponível em: <<http://www.gupe.org.br/#!/pesquisas/vstc3=mapoteca-gupe>> Acesso em: 27 fev. 2013

GUPE. **Levantamento topográfico espeleológico da caverna do Monjolo**. 2011. Disponível em: <<http://www.gupe.org.br/#!/pesquisas/vstc3=mapoteca-gupe>> Acesso em: 27 fev. 2013

GUPE. **Levantamento topográfico espeleológico da caverna Barreiro do Imbuial**. 2011. Disponível em: <<http://www.gupe.org.br/#!/pesquisas/vstc3=mapoteca-gupe>> Acesso em: 27 fev. 2013

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. John Wiley and Sons, Chichester, England., 434p. 2004.

HARDT, R.; RODET, J.; PINTO, S.A.F.; WILLEMS, L.. **Exemplos brasileiros de carste em arenito: Chapada dos Guimarães (MT) e Serra de Itaqueri (SP)**. SBE – Campinas, SP. Espeleo- Tema. v. 20, n.1/2, p.7-23. 2009.

HILL, C.A., FORTI, P. Speleothems: carbonate. *In*: GUNN, J. **Encyclopedia of caves and karst science**. Fitzroy Dearborn, New York. 2004.

KARMANN, I. Ciclo da água: água subterrânea e sua ação geológica. *In*: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de textos, 2000. Reimpressão, 2001. p. 113-138.

KARMANN, I., SÁNCHEZ, L.H. **Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil**. *In*: Espeleotema. N 13, ano IX, São Paulo, 1979.

KLIMCHOUK, A. Caves. *In*: GUNN, J. **Encyclopedia of caves and karst science**. Fitzroy Dearborn, New York. 2004.

LOBO, H.A.S., VERÍSSIMO, C.U.V., SALLUN FILHO, W., FIGUEIREDO, L.A.V., RASTEIRO, M.A. **Potencial geoturístico da paisagem cárstica**. Global Tourism. v.3, n. 2, nov. 2007.

LOBO, H.A.S. **Capacidade de Carga Real (CCR) da Caverna de Santana, Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR) – SP, e indicações para o seu manejo turístico**. São Paulo, UNESP. Geociências, v.27, n.3, p.369-385. 2008

LOBO, H.A.S, TRAJANO, E., MARINHO, M.A., BICHUETTE, M.E., SCALEANTE, J.A.B., SCALEANTE, O.A.F., ROCHA, B.N., LATERZA, F.V. **Projection of tourist scenarios onto fragility maps: Framework for determination of provisional tourist carrying capacity in a Brazilian show cave**. Tourism Management 35 (2013) p. 234-243.

MAGALHÃES, E. D; LINHARES, J. C. **Curso prático de topografia**. Espeleo Grupo de Brasília – EGB. Brasília, DF em 06 de dezembro de 1997.

Manual de normalização bibliográfica para trabalhos científicos. 3. ed. rev. atual. Ponta Grossa: UEPG, 2012. 141 p.

MARQUES NETO, R.. **Evolução de cavernas em quartzito e processos cársticos em São Thomé das Letras – MG: contribuição ao estudo de sistemas cársticos em rochas siliciclásticas**. Geosul, Florianópolis, v.23, n.45, p. 105-121, jan./jun. 2008.

MASSUQUETO, L.L., MOREIRA, J.C. **Roteiro geoturístico na gruta Pinheiro Seco, Castro/PR**. Terr@Plural, Ponta Grossa, v.6, n.1, p. 153-173, jan./jun. 2012.

MINEROPAR. **Folha Geológica de Telêmaco Borba. Escala 1:250000**. Data de edição: 2006.

MOREIRA, J.C.; ROCHA, C.H. Unidades de Conservação nos Campos Gerais. *In*:

MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. 1. ed. Ponta Grossa: UEPG, 2007. Cap. 21, p. 201-212.

MOREIRA, J. C.; SANTOS, V. M. M.; GARCIA, J. N.; PAZ, J. A. **Calculo de Capacidade de Carga do Sítio da Alegria, Prudentópolis (Paraná) – Ferramenta para a Minimização de Impactos do Turismo em Áreas Naturais**. Foz do Iguaçu: Anais do IV Fórum Internacional de Turismo de Iguassu. 2010.

MOREIRA, J.C. **Geoturismo e interpretação ambiental**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2011. 157p.

NASCIMENTO, M. A. L.; RUCHKYS, U. de A.; MANTESSO NETO, V. **Geodiversidade, Geoconservação e Geoturismo: trinômio importante para a proteção do patrimônio geológico**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 2008. 82 p.

NASCIMENTO, M. A. L.; SCHOBENHAUS, C.; MEDINA, A.I.M. Patrimônio Geológico: Turismo Sustentável. *In*: SILVA, C.R. **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. p. 147-162.

PEREIRA, Paulo, BRILHA, José B. e PEREIRA, D.I. **Particularidades do património geológico em áreas cársticas**. Simpósio Ibero-Americano sobre Património Geológico, Arqueológico e Mineiro em Regiões Cársticas. Batalha, Portugal. 28 de Junho a 1 de Julho de 2007.

PIEKARZ, G.F. **Geoturismo no Karst**. MINEROPAR. Curitiba, 2011. 121p.

REIS NETO, J. M. **Faixa Itaiacoca: registro de uma colisão entre dois blocos continentais no Neoproterozóico**. 1994. 235 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

ROCHA, H.L.; GUIMARÃES, G.B. **Geoformas cársticas em rochas quartzosas dos Campos Gerais do Paraná: inventariação e quantificação de geossítios de valor científico**. Anais do II Simpósio Sul-Brasileiro de Espeleologia – A Espeleologia no Sul do Brasil. Ponta Grossa – PR, 22 a 25 de Julho, 2010

RUCHKYS, U. de A. **Patrimônio geológico e geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: potencial para a criação de um geoparque da UNESCO**. 2007, 211 p. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

SCALEANTE, J.A.B., SCALEANTE, O.A.F. **Curso Básico de Espeleologia**. Campinas, 1996.

SHARPLES, C. **Concepts and principles of Geoconservation**. Tasmanian Parks and Wildlife Service website, 2002. Disponível em:

<[http://www.dpiw.tas.gov.au/inter.nsf/Attachments/SJON-57W3YM/\\$FILE/geoconservation.pdf](http://www.dpiw.tas.gov.au/inter.nsf/Attachments/SJON-57W3YM/$FILE/geoconservation.pdf) >. Acesso em: 14 fev. 2013

SIGA JR., O.; BASEI, M. A. S.; SATO, K.; PRAZERES FILHO, H. J.; CURY, L. F.; WEBER, W.; PASSARELLI, C. R.; HARARA, O. M.; REIS NETO, J. M. U-Pb (zircon) ages of metavolcanic rocks from the Itaiacoca Group: tectonic implications. **Geologia-USP**. Série Científica, v. 3, p. 39-49, 2003.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA. Cadastro Nacional de Cavernas. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/cnc/CavernasBW/RegioesBrasil>. Acesso em: 27 fev. 2013.

SOUZA, A. **Mapa Geológico na escala 1:50.000 e esboço da evolução tectônica e sedimentar do Grupo Itaiacoca, nas folhas Barra do Chapéu e Ouro Verde - SP/PR**. 1990. 200 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

SZABÓ, G. A. J.; ANDRADE, F. R. D.; GUIMARÃES, G. B.; MOYA, F. A.; CARVALHO, F. M. S. **Genesis of talc deposits and the metamorphic history of the Itaiacoca Group metadolomites, southern Brazil**. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED MINERALOGY, 8., 2004, Águas de Lindóia. **Proceedings...** Águas de Lindóia: IMA, 2004. v. 1, p. 759-761.

WILLIAMS, P. Karst evolution. In: GUNN, J. **Encyclopedia of caves and karst science**. Fitzroy Dearborn, New York. 2004.

## **APÊNDICE 1**

Tabelas dos valores das fragilidades (geodiversidade e nível de circulação de energia) a partir do diagnóstico participativo para o mapeamento de fragilidades ambientais da gruta de Pinheiro Seco.

### Fragilidade da Geodiversidade - Trilha Básica

| ÁREA - A1                              |                     |                  |                    |                     |                   |
|----------------------------------------|---------------------|------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| Critérios                              | Tema                | Susceptibilidade |                    |                     |                   |
|                                        |                     | Verde<br>(0-25)  | Amarelo<br>(26-50) | Vermelho<br>(51-75) | Preto<br>(76-100) |
| Geodiversidade                         | Espeleogens         |                  | 35                 |                     |                   |
|                                        | Espeleotemas        |                  | 32                 |                     |                   |
|                                        | Depósitos clásticos | 0                |                    |                     |                   |
| Nível de fragilidade da geodiversidade |                     |                  |                    |                     | <b>22,3</b>       |

| ÁREA – A2                              |                     |                  |                    |                     |                   |
|----------------------------------------|---------------------|------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| Fragilidade                            | Critérios           | Susceptibilidade |                    |                     |                   |
|                                        |                     | Verde<br>(0-25)  | Amarelo<br>(26-50) | Vermelho<br>(51-75) | Preto<br>(76-100) |
| Geodiversidade                         | Espeleogens         |                  | 40                 |                     |                   |
|                                        | Espeleotemas        |                  |                    | 60                  |                   |
|                                        | Depósitos clásticos | 0                |                    |                     |                   |
| Nível de fragilidade da geodiversidade |                     |                  |                    |                     | <b>33,3</b>       |

| ÁREA – A3                              |                     |                  |                    |                     |                   |
|----------------------------------------|---------------------|------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| Fragilidade                            | Critérios           | Susceptibilidade |                    |                     |                   |
|                                        |                     | Verde<br>(0-25)  | Amarelo<br>(26-50) | Vermelho<br>(51-75) | Preto<br>(76-100) |
| Geodiversidade                         | Espeleogens         |                  | 45                 |                     |                   |
|                                        | Espeleotemas        |                  |                    | 75                  |                   |
|                                        | Depósitos clásticos | 0                |                    |                     |                   |
| Nível de fragilidade da geodiversidade |                     |                  |                    |                     | <b>40,0</b>       |

| <b>ÁREA – A4</b>                       |                     |                         |                            |                             |                           |
|----------------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Fragilidade</b>                     | <b>Critérios</b>    | <b>Susceptibilidade</b> |                            |                             |                           |
|                                        |                     | <b>Verde<br/>(0-25)</b> | <b>Amarelo<br/>(26-50)</b> | <b>Vermelho<br/>(51-75)</b> | <b>Preto<br/>(76-100)</b> |
| Geodiversidade                         | Espeleogens         |                         | 40                         |                             |                           |
|                                        | Espeleotemas        |                         | 30                         |                             |                           |
|                                        | Depósitos clásticos | 0                       |                            |                             |                           |
| Nível de fragilidade da geodiversidade |                     |                         |                            |                             | <b>23,3</b>               |

### Fragilidade da Geodiversidade - Trilha Secundária

| <b>ÁREA – A5</b>                       |                     |                         |                            |                             |                           |
|----------------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Fragilidade</b>                     | <b>Critérios</b>    | <b>Susceptibilidade</b> |                            |                             |                           |
|                                        |                     | <b>Verde<br/>(0-25)</b> | <b>Amarelo<br/>(26-50)</b> | <b>Vermelho<br/>(51-75)</b> | <b>Preto<br/>(76-100)</b> |
| Geodiversidade                         | Espeleogens         |                         | 50                         |                             |                           |
|                                        | Espeleotemas        |                         |                            |                             | 86                        |
|                                        | Depósitos clásticos | 0                       |                            |                             |                           |
| Nível de fragilidade da geodiversidade |                     |                         |                            |                             | <b>45,3</b>               |

| <b>ÁREA – A6</b>                       |                     |                         |                            |                             |                           |
|----------------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Fragilidade</b>                     | <b>Critérios</b>    | <b>Susceptibilidade</b> |                            |                             |                           |
|                                        |                     | <b>Verde<br/>(0-25)</b> | <b>Amarelo<br/>(26-50)</b> | <b>Vermelho<br/>(51-75)</b> | <b>Preto<br/>(76-100)</b> |
| Geodiversidade                         | Espeleogens         |                         |                            |                             | 90                        |
|                                        | Espeleotemas        |                         |                            |                             | 92                        |
|                                        | Depósitos clásticos |                         | 49                         |                             |                           |
| Nível de fragilidade da geodiversidade |                     |                         |                            |                             | <b>77,0</b>               |

| <b>ÁREA – A7</b>                       |                     |                         |                            |                             |                           |
|----------------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Fragilidade</b>                     | <b>Critérios</b>    | <b>Susceptibilidade</b> |                            |                             |                           |
|                                        |                     | <b>Verde<br/>(0-25)</b> | <b>Amarelo<br/>(26-50)</b> | <b>Vermelho<br/>(51-75)</b> | <b>Preto<br/>(76-100)</b> |
| Geodiversidade                         | Espeleogens         |                         | 48                         |                             |                           |
|                                        | Espeleotemas        |                         |                            |                             | 85                        |
|                                        | Depósitos clásticos |                         | 40                         |                             |                           |
| Nível de fragilidade da geodiversidade |                     |                         |                            |                             | <b>57,6</b>               |

| <b>ÁREA – A8</b>                       |                     |                         |                            |                             |                           |
|----------------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Fragilidade</b>                     | <b>Critérios</b>    | <b>Susceptibilidade</b> |                            |                             |                           |
|                                        |                     | <b>Verde<br/>(0-25)</b> | <b>Amarelo<br/>(26-50)</b> | <b>Vermelho<br/>(51-75)</b> | <b>Preto<br/>(76-100)</b> |
| Geodiversidade                         | Espeleogens         |                         |                            |                             | 95                        |
|                                        | Espeleotemas        |                         | 50                         |                             |                           |
|                                        | Depósitos clásticos | 0                       |                            |                             |                           |
| Nível de fragilidade da geodiversidade |                     |                         |                            |                             | <b>48,3</b>               |

| <b>ÁREA – A9</b>                       |                     |                         |                            |                             |                           |
|----------------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Fragilidade</b>                     | <b>Critérios</b>    | <b>Susceptibilidade</b> |                            |                             |                           |
|                                        |                     | <b>Verde<br/>(0-25)</b> | <b>Amarelo<br/>(26-50)</b> | <b>Vermelho<br/>(51-75)</b> | <b>Preto<br/>(76-100)</b> |
| Geodiversidade                         | Espeleogens         |                         |                            |                             | 95                        |
|                                        | Espeleotemas        |                         |                            |                             | 70                        |
|                                        | Depósitos clásticos |                         |                            | 55                          |                           |
| Nível de fragilidade da geodiversidade |                     |                         |                            |                             | <b>73,3</b>               |

| <b>ÁREA – A10</b>                      |                     |                         |                            |                             |                           |
|----------------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Fragilidade</b>                     | <b>Critérios</b>    | <b>Susceptibilidade</b> |                            |                             |                           |
|                                        |                     | <b>Verde<br/>(0-25)</b> | <b>Amarelo<br/>(26-50)</b> | <b>Vermelho<br/>(51-75)</b> | <b>Preto<br/>(76-100)</b> |
| Geodiversidade                         | Espeleogens         | 25                      |                            |                             |                           |
|                                        | Espeleotemas        |                         |                            | 75                          |                           |
|                                        | Depósitos clásticos | 0                       |                            |                             |                           |
| Nível de fragilidade da geodiversidade |                     |                         |                            |                             | <b>33,3</b>               |

| <b>ÁREA – A11</b>                      |                     |                         |                            |                             |                           |
|----------------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Fragilidade</b>                     | <b>Critérios</b>    | <b>Susceptibilidade</b> |                            |                             |                           |
|                                        |                     | <b>Verde<br/>(0-25)</b> | <b>Amarelo<br/>(26-50)</b> | <b>Vermelho<br/>(51-75)</b> | <b>Preto<br/>(76-100)</b> |
| Geodiversidade                         | Espeleogens         | 15                      |                            |                             |                           |
|                                        | Espeleotemas        |                         | 40                         |                             |                           |
|                                        | Depósitos clásticos | 5                       |                            |                             |                           |
| Nível de fragilidade da geodiversidade |                     |                         |                            |                             | <b>22,0</b>               |

| <b>ÁREA – A12</b>                      |                     |                         |                            |                             |                           |
|----------------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Fragilidade</b>                     | <b>Critérios</b>    | <b>Susceptibilidade</b> |                            |                             |                           |
|                                        |                     | <b>Verde<br/>(0-25)</b> | <b>Amarelo<br/>(26-50)</b> | <b>Vermelho<br/>(51-75)</b> | <b>Preto<br/>(76-100)</b> |
| Geodiversidade                         | Espeleogens         | 15                      |                            |                             |                           |
|                                        | Espeleotemas        |                         |                            |                             | 85                        |
|                                        | Depósitos clásticos | 0                       |                            |                             |                           |
| Nível de fragilidade da geodiversidade |                     |                         |                            |                             | <b>33,3</b>               |

### Fragilidade do Nível de Circulação de Energia (NCE) - Trilha Básica

| ÁREA – A1                                                    |                           |                  |                    |                     |                   |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| Critérios                                                    | Tema                      | Susceptibilidade |                    |                     |                   |
|                                                              |                           | Verde<br>(0-25)  | Amarelo<br>(26-50) | Vermelho<br>(51-75) | Preto<br>(76-100) |
| Nível de Circulação de Energia - NCE                         | Dimensões da galeria      | 24               |                    |                     |                   |
|                                                              | Circulação do ar          | 15               |                    |                     |                   |
|                                                              | Presença de curso hídrico |                  | 30                 |                     |                   |
| Nível de fragilidade da Nível de Circulação de Energia - NCE |                           |                  |                    |                     | <b>23</b>         |

### Fragilidade do Nível de Circulação de Energia (NCE) - Trilha Secundária

| ÁREA – A2                                                    |                           |                  |                    |                     |                   |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| Fragilidade                                                  | Critérios                 | Susceptibilidade |                    |                     |                   |
|                                                              |                           | Verde<br>(0-25)  | Amarelo<br>(26-50) | Vermelho<br>(51-75) | Preto<br>(76-100) |
| Nível de Circulação de Energia - NCE                         | Dimensões da galeria      |                  |                    | 55                  |                   |
|                                                              | Circulação do ar          |                  | 40                 |                     |                   |
|                                                              | Presença de curso hídrico |                  | 30                 |                     |                   |
| Nível de fragilidade da Nível de Circulação de Energia - NCE |                           |                  |                    |                     | <b>41,6</b>       |

| ÁREA – A3                                                    |                           |                  |                    |                     |                   |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| Fragilidade                                                  | Critérios                 | Susceptibilidade |                    |                     |                   |
|                                                              |                           | Verde<br>(0-25)  | Amarelo<br>(26-50) | Vermelho<br>(51-75) | Preto<br>(76-100) |
| Nível de Circulação de Energia - NCE                         | Dimensões da galeria      |                  |                    |                     | 98                |
|                                                              | Circulação do ar          |                  |                    |                     | 80                |
|                                                              | Presença de curso hídrico |                  |                    | 60                  |                   |
| Nível de fragilidade da Nível de Circulação de Energia - NCE |                           |                  |                    |                     | <b>79,3</b>       |

| <b>ÁREA – A4</b>                                             |                           |                         |                            |                             |                           |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Fragilidade</b>                                           | <b>Critérios</b>          | <b>Susceptibilidade</b> |                            |                             |                           |
|                                                              |                           | <b>Verde<br/>(0-25)</b> | <b>Amarelo<br/>(26-50)</b> | <b>Vermelho<br/>(51-75)</b> | <b>Preto<br/>(76-100)</b> |
| Nível de Circulação de Energia - NCE                         | Dimensões da galeria      |                         | 40                         |                             |                           |
|                                                              | Circulação do ar          |                         |                            |                             | 78                        |
|                                                              | Presença de curso hídrico |                         |                            | 65                          |                           |
| Nível de fragilidade da Nível de Circulação de Energia - NCE |                           |                         |                            |                             | <b>61</b>                 |

| <b>ÁREA – A5</b>                                             |                           |                         |                            |                             |                           |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Fragilidade</b>                                           | <b>Critérios</b>          | <b>Susceptibilidade</b> |                            |                             |                           |
|                                                              |                           | <b>Verde<br/>(0-25)</b> | <b>Amarelo<br/>(26-50)</b> | <b>Vermelho<br/>(51-75)</b> | <b>Preto<br/>(76-100)</b> |
| Nível de Circulação de Energia - NCE                         | Dimensões da galeria      |                         | 27                         |                             |                           |
|                                                              | Circulação do ar          |                         | 50                         |                             |                           |
|                                                              | Presença de curso hídrico |                         | 50                         |                             |                           |
| Nível de fragilidade da Nível de Circulação de Energia - NCE |                           |                         |                            |                             | <b>42,3</b>               |

| <b>ÁREA – A6</b>                                             |                           |                         |                            |                             |                           |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Fragilidade</b>                                           | <b>Critérios</b>          | <b>Susceptibilidade</b> |                            |                             |                           |
|                                                              |                           | <b>Verde<br/>(0-25)</b> | <b>Amarelo<br/>(26-50)</b> | <b>Vermelho<br/>(51-75)</b> | <b>Preto<br/>(76-100)</b> |
| Nível de Circulação de Energia - NCE                         | Dimensões da galeria      | 24                      |                            |                             |                           |
|                                                              | Circulação do ar          | 18                      |                            |                             |                           |
|                                                              | Presença de curso hídrico |                         | 32                         |                             |                           |
| Nível de fragilidade da Nível de Circulação de Energia - NCE |                           |                         |                            |                             | <b>24,6</b>               |

| ÁREA – A7                                                    |                           |                  |                    |                     |                   |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| Fragilidade                                                  | Critérios                 | Susceptibilidade |                    |                     |                   |
|                                                              |                           | Verde<br>(0-25)  | Amarelo<br>(26-50) | Vermelho<br>(51-75) | Preto<br>(76-100) |
| Nível de Circulação de Energia - NCE                         | Dimensões da galeria      |                  |                    |                     | 80                |
|                                                              | Circulação do ar          |                  |                    | 55                  |                   |
|                                                              | Presença de curso hídrico |                  |                    | 51                  |                   |
| Nível de fragilidade da Nível de Circulação de Energia - NCE |                           |                  |                    |                     | <b>62</b>         |

**Fragilidade Ambiental (média das fragilidades da geodiversidade e do Nível de fragilidade do Nível de Circulação de Energia – NCE) - Trilha Básica**

| ÁREA – A1                            |                  |                    |                     |                   |
|--------------------------------------|------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| Fragilidade                          | Susceptibilidade |                    |                     |                   |
|                                      | Verde<br>(0-25)  | Amarelo<br>(26-50) | Vermelho<br>(51-75) | Preto<br>(76-100) |
| Geodiversidade                       | 22,3             |                    |                     |                   |
| Nível de Circulação de Energia - NCE | 23               |                    |                     |                   |
| Nível da Fragilidade Ambiental       |                  |                    |                     | <b>22,65</b>      |

| ÁREA – A2                            |                  |                    |                     |                   |
|--------------------------------------|------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| Fragilidade                          | Susceptibilidade |                    |                     |                   |
|                                      | Verde<br>(0-25)  | Amarelo<br>(26-50) | Vermelho<br>(51-75) | Preto<br>(76-100) |
| Geodiversidade                       |                  | 33,3               |                     |                   |
| Nível de Circulação de Energia - NCE | 23               |                    |                     |                   |
| Nível da Fragilidade Ambiental       |                  |                    |                     | <b>28,15</b>      |

| ÁREA – A3                            |                  |                    |                     |                   |
|--------------------------------------|------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| Fragilidade                          | Susceptibilidade |                    |                     |                   |
|                                      | Verde<br>(0-25)  | Amarelo<br>(26-50) | Vermelho<br>(51-75) | Preto<br>(76-100) |
| Geodiversidade                       |                  | 40                 |                     |                   |
| Nível de Circulação de Energia - NCE | 23               |                    |                     |                   |
| Nível da Fragilidade Ambiental       |                  |                    |                     | <b>31,5</b>       |

| ÁREA – A4                            |                  |                    |                     |                   |
|--------------------------------------|------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| Fragilidade                          | Susceptibilidade |                    |                     |                   |
|                                      | Verde<br>(0-25)  | Amarelo<br>(26-50) | Vermelho<br>(51-75) | Preto<br>(76-100) |
| Geodiversidade                       | 23,3             |                    |                     |                   |
| Nível de Circulação de Energia - NCE | 23               |                    |                     |                   |
| Nível da Fragilidade Ambiental       |                  |                    |                     | <b>23,15</b>      |

**Fragilidade Ambiental (média das fragilidades da geodiversidade e do Nível de fragilidade do Nível de Circulação de Energia – NCE) - Trilha Secundária**

| ÁREA – A5                            |                  |                    |                     |                   |
|--------------------------------------|------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| Fragilidade                          | Susceptibilidade |                    |                     |                   |
|                                      | Verde<br>(0-25)  | Amarelo<br>(26-50) | Vermelho<br>(51-75) | Preto<br>(76-100) |
| Geodiversidade                       |                  | 45,3               |                     |                   |
| Nível de Circulação de Energia - NCE |                  | 41,6               |                     |                   |
| Nível da Fragilidade Ambiental       |                  |                    |                     | <b>43,45</b>      |

| ÁREA – A6                            |                  |                    |                     |                   |
|--------------------------------------|------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| Fragilidade                          | Susceptibilidade |                    |                     |                   |
|                                      | Verde<br>(0-25)  | Amarelo<br>(26-50) | Vermelho<br>(51-75) | Preto<br>(76-100) |
| Geodiversidade                       |                  |                    | 77                  |                   |
| Nível de Circulação de Energia - NCE |                  |                    | 79,3                |                   |

|                                |              |
|--------------------------------|--------------|
| Nível da Fragilidade Ambiental | <b>78,15</b> |
|--------------------------------|--------------|

| <b>ÁREA – A7</b>                     |                         |                            |                             |                           |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Fragilidade</b>                   | <b>Susceptibilidade</b> |                            |                             |                           |
|                                      | <b>Verde<br/>(0-25)</b> | <b>Amarelo<br/>(26-50)</b> | <b>Vermelho<br/>(51-75)</b> | <b>Preto<br/>(76-100)</b> |
| Geodiversidade                       |                         |                            | 57,6                        |                           |
| Nível de Circulação de Energia - NCE |                         |                            | 61                          |                           |
| Nível da Fragilidade Ambiental       |                         |                            |                             | <b>59,3</b>               |

| <b>ÁREA – A8</b>                     |                         |                            |                             |                           |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Fragilidade</b>                   | <b>Susceptibilidade</b> |                            |                             |                           |
|                                      | <b>Verde<br/>(0-25)</b> | <b>Amarelo<br/>(26-50)</b> | <b>Vermelho<br/>(51-75)</b> | <b>Preto<br/>(76-100)</b> |
| Geodiversidade                       |                         | 48,3                       |                             |                           |
| Nível de Circulação de Energia - NCE |                         | 42,3                       |                             |                           |
| Nível da Fragilidade Ambiental       |                         |                            |                             | <b>45,3</b>               |

| <b>ÁREA – A9</b>                     |                         |                            |                             |                           |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Fragilidade</b>                   | <b>Susceptibilidade</b> |                            |                             |                           |
|                                      | <b>Verde<br/>(0-25)</b> | <b>Amarelo<br/>(26-50)</b> | <b>Vermelho<br/>(51-75)</b> | <b>Preto<br/>(76-100)</b> |
| Geodiversidade                       |                         |                            | 73,3                        |                           |
| Nível de Circulação de Energia - NCE | 24,6                    |                            |                             |                           |
| Nível da Fragilidade Ambiental       |                         |                            |                             | <b>48,95</b>              |

| <b>ÁREA – A10</b>                    |                         |                            |                             |                           |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Fragilidade</b>                   | <b>Susceptibilidade</b> |                            |                             |                           |
|                                      | <b>Verde<br/>(0-25)</b> | <b>Amarelo<br/>(26-50)</b> | <b>Vermelho<br/>(51-75)</b> | <b>Preto<br/>(76-100)</b> |
| Geodiversidade                       |                         |                            | 73,3                        |                           |
| Nível de Circulação de Energia - NCE |                         |                            | 62                          |                           |

|                                |              |
|--------------------------------|--------------|
| Nível da Fragilidade Ambiental | <b>67,65</b> |
|--------------------------------|--------------|

| <b>ÁREA – A11</b>                    |                         |                            |                             |                           |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Fragilidade</b>                   | <b>Susceptibilidade</b> |                            |                             |                           |
|                                      | <b>Verde<br/>(0-25)</b> | <b>Amarelo<br/>(26-50)</b> | <b>Vermelho<br/>(51-75)</b> | <b>Preto<br/>(76-100)</b> |
| Geodiversidade                       |                         | 33,3                       |                             |                           |
| Nível de Circulação de Energia - NCE | 24,6                    |                            |                             |                           |
| Nível da Fragilidade Ambiental       |                         |                            |                             | <b>28,95</b>              |

| <b>ÁREA – A12</b>                    |                         |                            |                             |                           |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Fragilidade</b>                   | <b>Susceptibilidade</b> |                            |                             |                           |
|                                      | <b>Verde<br/>(0-25)</b> | <b>Amarelo<br/>(26-50)</b> | <b>Vermelho<br/>(51-75)</b> | <b>Preto<br/>(76-100)</b> |
| Geodiversidade                       | 22                      |                            |                             |                           |
| Nível de Circulação de Energia - NCE | 24,6                    |                            |                             |                           |
| Nível da Fragilidade Ambiental       |                         |                            |                             | <b>23,3</b>               |

| <b>ÁREA – A13</b>                    |                         |                            |                             |                           |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Fragilidade</b>                   | <b>Susceptibilidade</b> |                            |                             |                           |
|                                      | <b>Verde<br/>(0-25)</b> | <b>Amarelo<br/>(26-50)</b> | <b>Vermelho<br/>(51-75)</b> | <b>Preto<br/>(76-100)</b> |
| Geodiversidade                       | 33                      |                            |                             |                           |
| Nível de Circulação de Energia - NCE | 24,6                    |                            |                             |                           |
| Nível da Fragilidade Ambiental       |                         |                            |                             | <b>28,95</b>              |