

4.2.16. Caverna Casa de Pedra

FICHA TÉCNICA DA CAVERNA CASA DE PEDRA	
Nome Oficial: Gruta Casa de Pedra Nome Usual: Caverna Casa de Pedra	Dados cadastrais: CNC-SBE nº SP-009
Localização: PETAR/Núcleo Casa de Pedra Município: Iporanga, SP Bacia Hidrográfica: Bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, sub-bacia do rio Iporanga, córrego Maximiano. Litologia: calcário	Coordenada geográfica da entrada Latitude: 24°28'46,1" S Longitude: 48°35'23,2" W Altitude: 261m Datum: WGS 1984 (satélites: 6, erro: 10 m)
Desenvolvimento: 5.547 m de extensão (Desenvolvimento linear) Desnível: 292 m	Topografia: <ul style="list-style-type: none"> ▪ UPE, 1995, BCRA grau 4C
Acesso: A caverna pode ser acessada a partir da cidade de Iporanga e o Núcleo Casa de Pedra ou pelo Núcleo Caboclos: De Iporanga o acesso é feito com veículo até a base de fiscalização/núcleo Casa de Pedra (6 km) e seguindo por trilha que margeia o rio Iporanga até a ressurgência da cavidade (entrada Santo Antônio). Uma trilha superior com cerca de xxx km dá acesso ao pórtico principal (entrada da Igreja), com acesso que apresenta maior dificuldade. Do Núcleo Caboclos o acesso é feito por caminhada em trilha que apresenta grande dificuldade, com cerca de 6 km de extensão, totalizando uma média de 6 horas da caminhada para a visita ao pórtico principal – entrada da Igreja (ida e volta)	
HISTÓRICO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fragmentos do diário de viagem de Martim Francisco Ribeiro de Andrada, escrito em 1805, descrevem a sua passagem pela Casa de Pedra (então Lapa de Santo Antônio) ▪ Descrita pelo naturalista alemão Ricardo Krone no início do século XX ▪ 1962: Pedro Comério, M. Le Bret e outros reencontram a caverna ▪ Ainda em 1962, Le Bret e P. Slavec realizam a primeira topografia da caverna ▪ 1964: é realizado o primeiro Congresso Nacional (Brasileiro) de Espeleologia na boca da caverna ▪ No início dos anos de 1980 o Parque foi efetivamente implantado e começou a receber uma visitação mais regular, com aumento significativo a partir da segunda metade dos anos 1990. A cavidade se localiza no Núcleo Caboclos, ainda com pouca visitação ▪ Nos anos 1990 o GPME e UPE realizam novo mapeamento da cavidade, realizando escalada e descoberta de galerias superiores no pórtico principal ▪ Acidente fatal em 2003 devido a inundação repentina da galeria do rio, o que motivou o fechamento da cavidade até a realização de estudos de riscos e seu plano de manejo
ATRATIVOS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pórtico de entrada (sumidouro) com 215 metros de altura – o maior do mundo ▪ Salão Krone e entrada Santo Antônio formam um conjunto estético de rara beleza ▪ Rio subterrâneo volumoso e encachoeirado, com alguns remansos ▪ Grandes salões internos e percurso com trechos de natação
MEIO FÍSICO	Hidrologia: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rio subterrâneo ativo de alta energia. São comuns eventos de inundação dos condutos vadosos, pois a rede de drenagem é insuficiente para fluir os eventos de chuva ocorrentes na zona de captação autogênica (sub-bacia dos córregos do Sumidouro, Chapéu, Maximiano e Espírito Santo) Depósitos clásticos e fossilíferos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Os depósitos clásticos situam-se nos salões próximos ao sumidouro e a ressurgência do rio, predominando uma sucessão de cascalheiras para sedimentos pelíticos ▪ Na galeria do rio os depósitos observados estão ativos, sendo constituídos de cascalhos de diversas granulométricas e formas

	<p>Espeleotemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Os espeleotemas estão concentrados no salão mais a jusante do rio (estalactites, estalagmites e escorrimentos) <p>Padrão da rede de condutos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ A cavidade apresenta alinhamento principal NE-SW, concordante ao acamamento lito-estrutural, ▪ O desenvolvimento principal coincide com o bandamento e padrão litológico regional NE-SW, também apresentando inflexões NW/SE ▪ Cerca de 2/3 do percurso corresponde a um conduto retilíneo ▪ Na seção transversal dos condutos prevalecem as morfologias vadasas com o entalhamento de cânions que podem atingir 25 m de altura ▪ Em algumas seções é possível verificar a fase de iniciação freática
BIODIVERSIDADE	<p>Sem informações - devido às condições meteorológicas atípicas em 2009, a cavidade não foi visitada para o estudo de biologia terrestre e aquática.</p>

4.2.16.1. Geoespeleologia

A caverna Casa de Pedra está localizada na porção final da sub-bacia hidrográfica do córrego Maximiano, corpo drenante que coleta grande parte das águas pluviais da região de Caboclos, incluindo os córregos do Chapéu, Sumidouro e Espírito Santo. O córrego Maximiano adentra a caverna Casa de Pedra pelo sumidouro, aflorando na ressurgência, também conhecida como gruta Santo Antônio, desenvolvendo-se por cerca de 800 m e desaguando no rio Iporanga (Figura 257).

Em função destas características a caverna recebe grande aporte de água através do Córrego Maximiano, sobretudo na estação das chuvas quando são comuns fortes precipitações. Os arredores imediatos da cavidade se apresentam em bom estado de conservação, não sendo identificadas atividades potencialmente impactantes no interior de sua AI. O Anexo 23.1 traz o mapa topográfico da cavidade.

A visitação pode ser realizada pelo sumidouro ou ressurgência. O acesso via ressurgência, realizado a partir de Iporanga pela entrada denominada Santo Antônio, não representa grande risco ao turista. Esta porção da cavidade foi anteriormente nomeada desta forma por não se conhecer a conexão entre o sumidouro e a ressurgência.

Neste local há um salão de médias dimensões com presença de cascalheiras em intenso retrabalho. Chama a atenção neste local as feições de corrosão observadas no teto e paredes, feições associadas aos processos freáticos de desenvolvimento, bem como a presença de espeleotemas, preferencialmente estalactites, que estão dispostas ao longo de conjuntos de fraturas. Os Anexos 23.2 e 23.3 trazem respectivamente as feições morfológicas indicativas de evolução e as feições geológicas e ocorrências de depósito.

Continuando o percurso o visitante é conduzido a um grande amontoado de blocos que dificulta o trajeto, local onde é recomendável proceder uma intervenção. Após este local é possível acessar o salão superior onde está localizada a entrada Krone, sendo possível avistar o ambiente exterior.

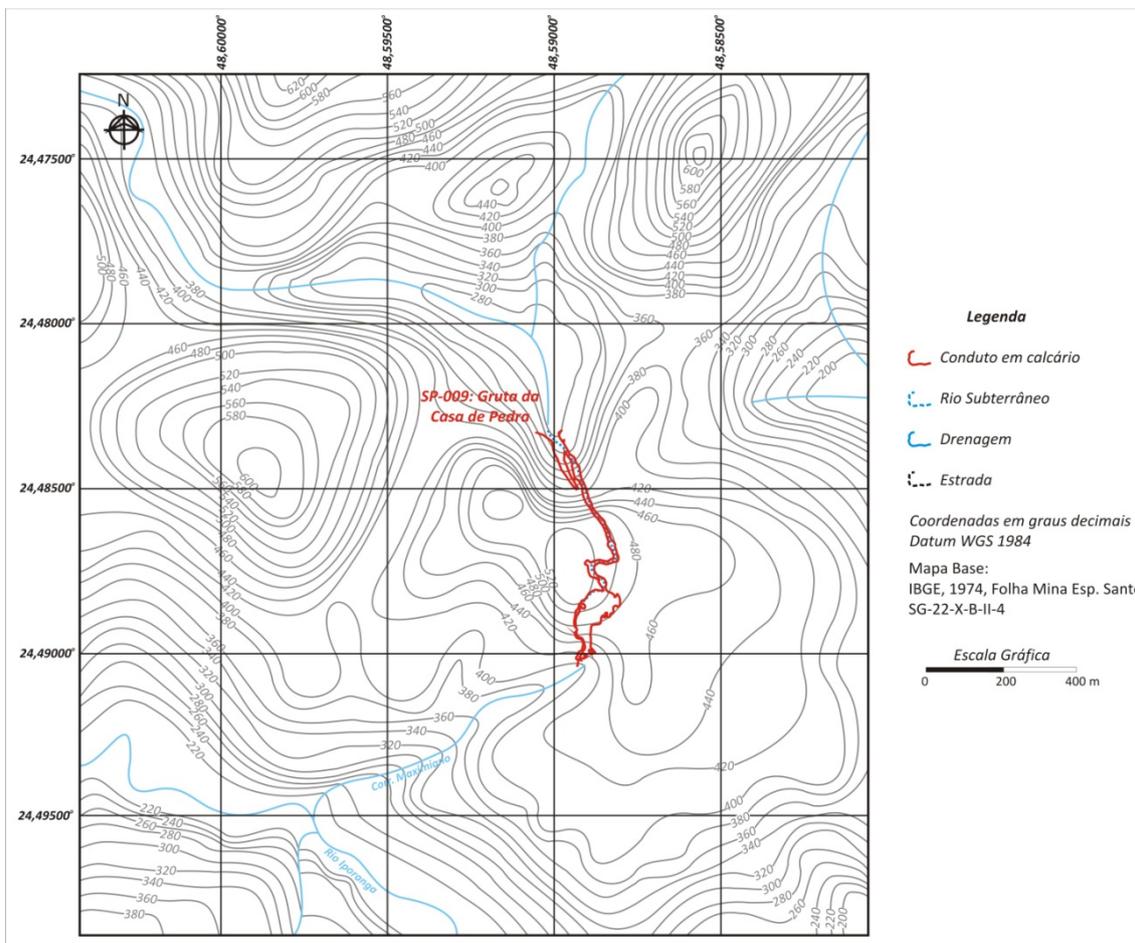


Figura 257. Paisagem subterrânea e topografia do entorno

No interior do salão podem ser observadas algumas feições dos calcários encaixantes, tais como a foliação e um conjunto de dobramentos de origem tectônica. Além das feições estruturais dos calcários pode-se observar neste salão vários blocos desmoronados associados ao processo de incasão.

A caverna Casa de Pedra desenvolve-se preferencialmente no alinhamento N/S, apresentando inflexões NE/SW e NW/SE, por vezes paralela ao bandamento composicional dos calcários ou segundo sistemas de fraturas. Cerca de 2/3 do percurso corresponde a um conduto retilíneo com seção transversal de entalhamento vadoso formando cânios que podem atingir 40 m de altura.

Seguindo pela parte superior deste salão acessa-se um local com grande densidade de espeleotemas, destacando-se um conjunto de estalactites e cortinas, espeleotemas em posição invertida, e um pequeno ninho de pérolas inserido em uma estalagmite em redissolução. O piso deste local está coberto por depósitos sedimentares argilo-siltosos e concreções calcíticas.

Ao longo do conduto do rio subterrâneo são observados depósitos de matacões e seixos imaturos e mal selecionados de todos os tamanhos, feições erosivas do tipo “panela” – formada pela constante abrasão de seixos, e estruturas indicativas de fluxo do tipo *scallops*.

Foi também identificado um depósito sedimentar calcificado junto ao teto da cavidade nas proximidades do Poço da Serpente, e uma marquise calcificada na região do sumidouro, sugerindo

a ocorrência de uma fase de entulhamento desta cavidade, potencialmente contemporânea à observada nas demais cavernas da região.

Ao longo do conduto principal, principalmente na porção compreendida entre o sumidouro e o Poço da Serpente, predominam os canions vadosos com raros espeleotemas. Nesta região podem ser observadas estruturas erosivas, de fluxo – *scallops*, e de dissolução de teto e paredes.

A região do sumidouro é sem dúvida um dos mais espetaculares cenários da região, onde o visitante se depara com um imenso paredão calcário com mais de 220 m de altura. Nas laterais deste paredão se pode observar a foliação dos calcários, que por vezes está levemente dobrada – flambada.

A visitação a esta caverna deve ser disciplinada pois ocorrem trechos que oferecem risco ao visitante, tais como os blocos situados no rio subterrâneo na região de acesso ao salão superior, na região do Sifão e Poço da Serpente onde é necessário nadar, e na escalada de acesso ao patamar da ressurgência (Mirante do Pórtico) – Figura 258. A visitação não deve ser realizada em caso de chuva, e na estação chuvosa deve ser restrita ao período da manhã.

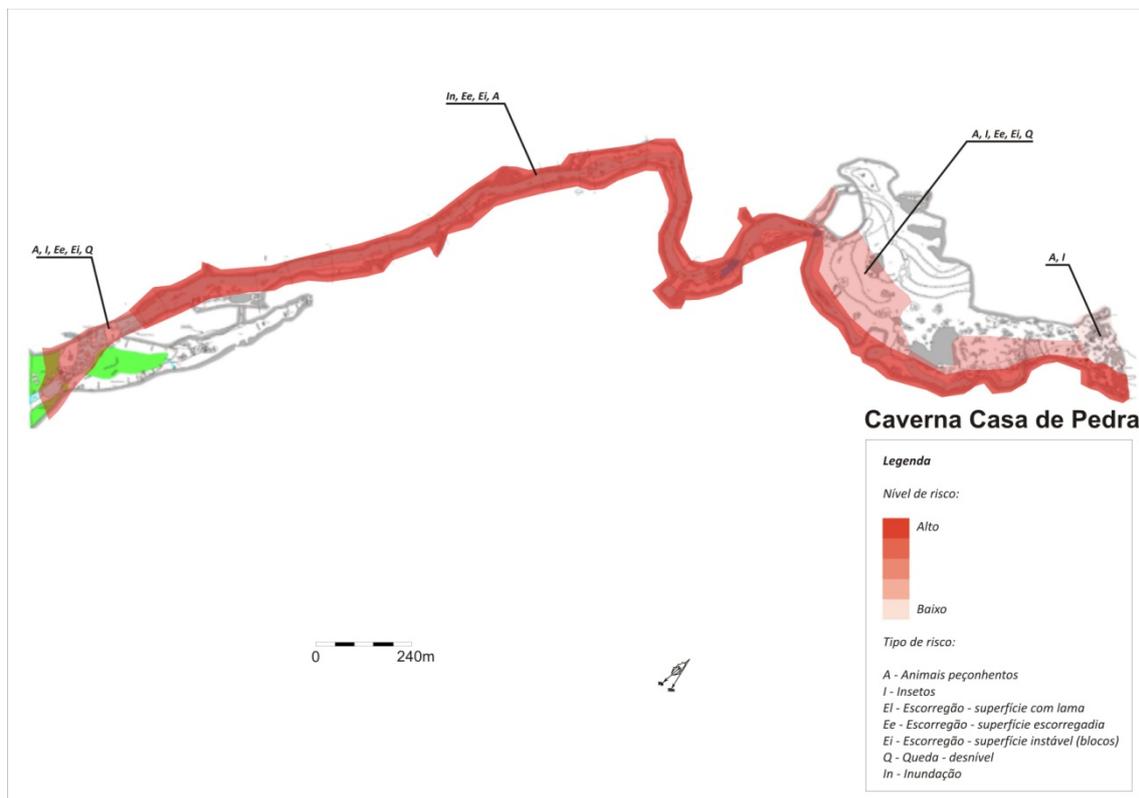


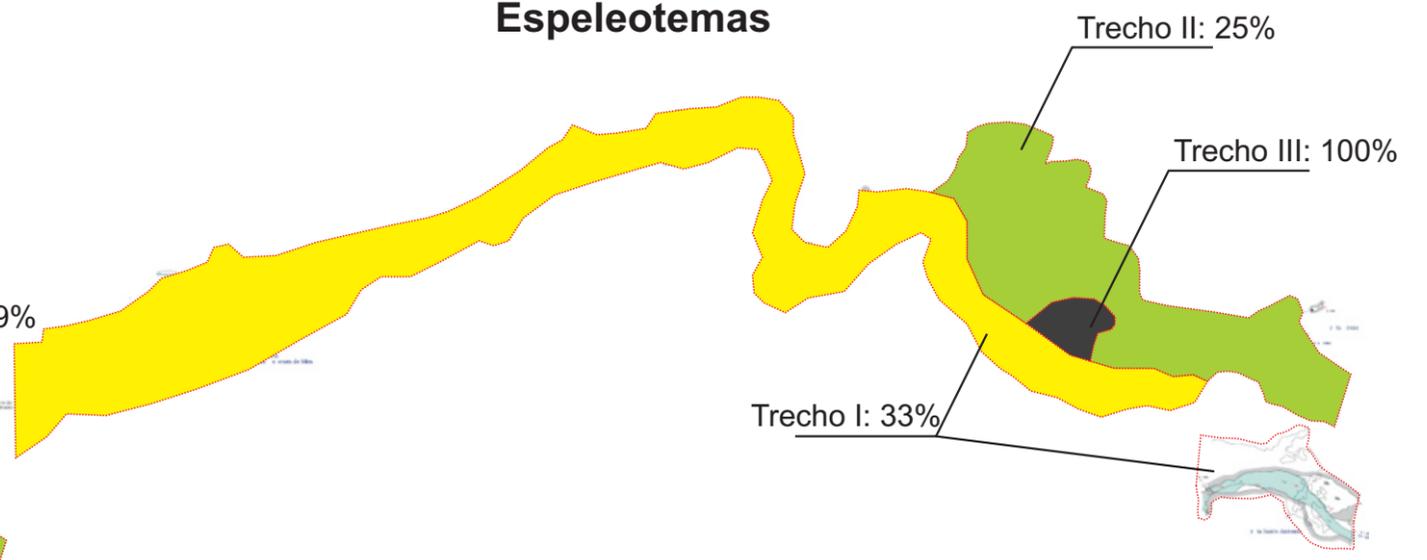
Figura 258. Feições físicas de risco a visitação na cavidade

A fragilidade do meio físico pode ser observada na Figura 259. O Anexo 23.4 traz a classificação da fragilidade da cavidade.

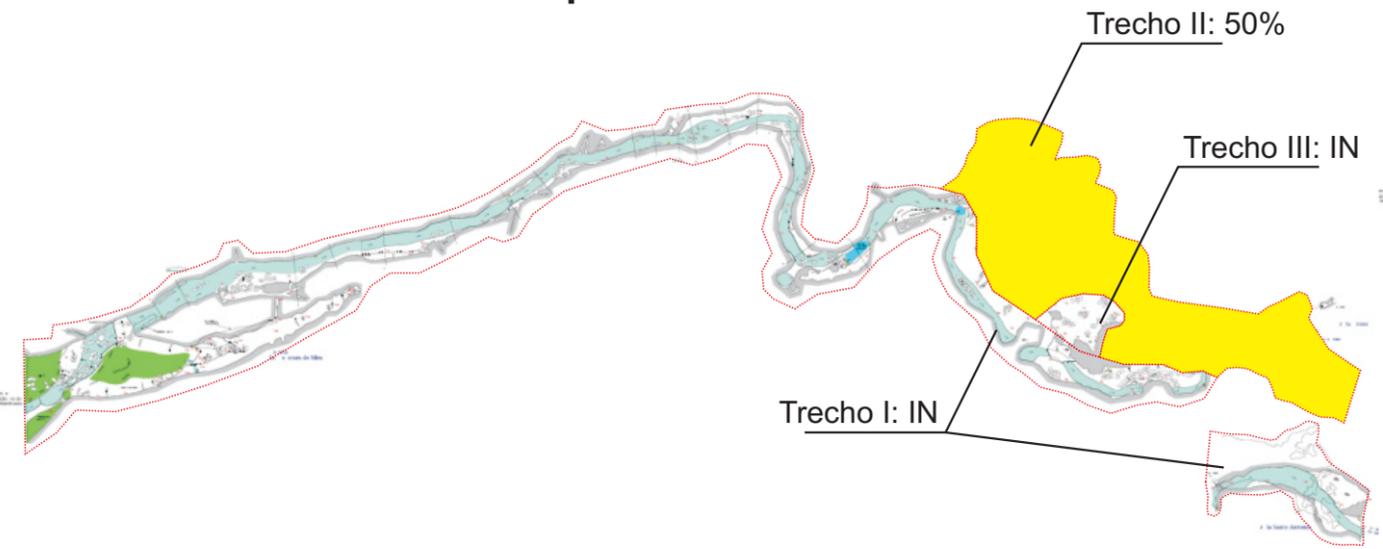
Morfologia



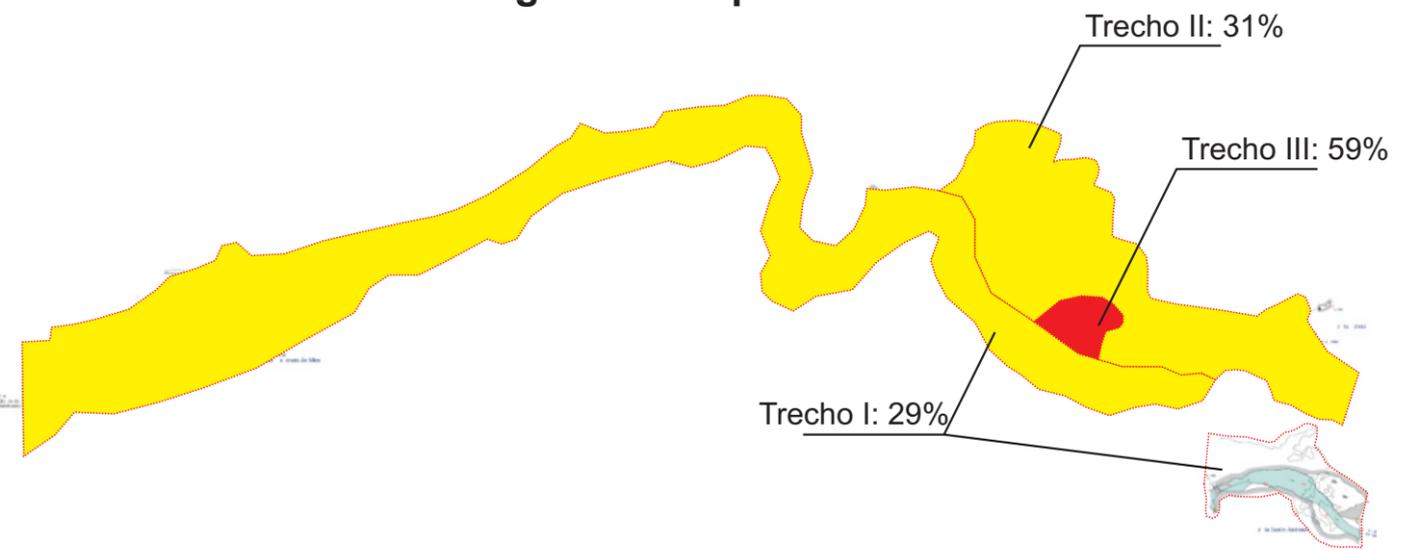
Espeleotemas



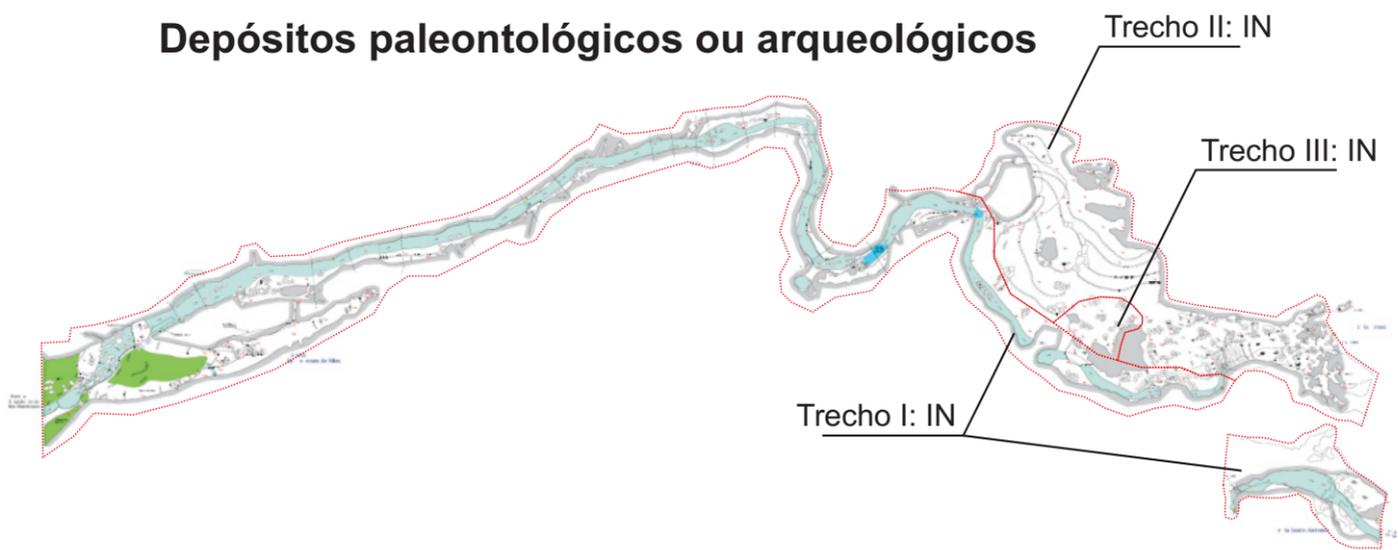
Depósitos Clásticos



Fragilidade Específica



Depósitos paleontológicos ou arqueológicos



Caverna Casa de Pedra

Legenda

Valoração dos índices de fragilidade:

- Absoluta (>75%)
- Alta (50 a 75%)
- Média (25 a 50%)
- Baixa (0 a 25%)
- IN* Inexistente
- NA* Não avaliado

Qualidade da água

As coletas de água subterrânea na caverna Casa de Pedra foram realizadas em 22/05 e 6/12/2009. A Figura 260. apresenta o local de realização das coletas e a Tabela 88 resume os resultados obtidos com os ensaios de laboratório.

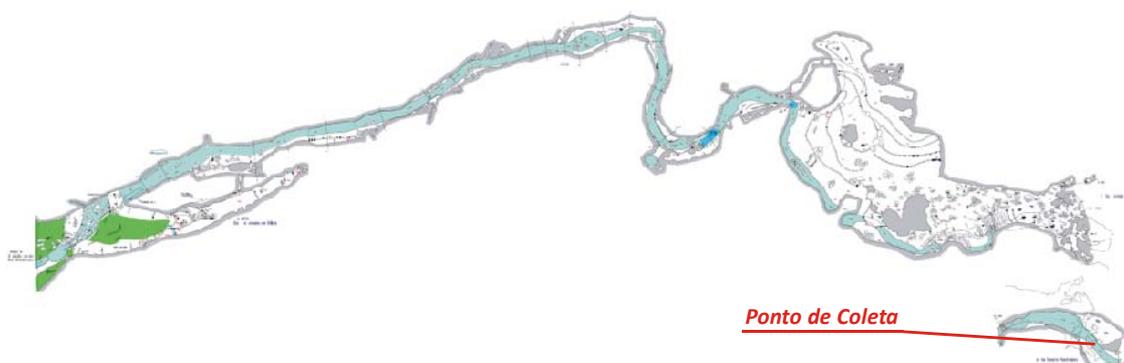


Figura 260. Ponto de coleta de água subterrânea – caverna Casa de Pedra

Tabela 88. Resultados dos ensaios de água subterrânea – caverna Casa de Pedra

Parâmetro Analisado	Unidade	Limite de Detecção	Data da Coleta		Padrão de Comparação
			22/05/2009	6/12/2009	
Condições Ambientais	-	-	Sol	Chuva	-
pH	-	0,01	7,65	7,72	-
Temperatura	°C	0,1	16,8	18,5	-
Coliformes Fecais	NMP/100mL	1	132	48	Ausente (1) 1000 (2) 200 (3) - (4)
Coliformes Totais	NMP/100mL	100	6750	4680	Ausente (1) - (2) - (3) - (4)
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1	132	48	Ausente (1) 800 (2) 100 (3) - (4)
Nitrogênio Albuminóide	mg/L	0,15	<0,15	<0,15	- (1) - (2) - (3) - (4)
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,1	<0,1	<0,1	- (1) - (2) 2,0 (3) - (4)

Parâmetro Analisado	Unidade	Limite de Detecção	Data da Coleta		Padrão de Comparação
			22/05/2009	6/12/2009	
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/L	0,1	0,55	0,40	- (1) - (2) - (3) - (4)
Nitrogênio Orgânico	mg/L	0,1	0,55	0,40	- (1) - (2) - (3) - (4)
Nitrato	mg/L	0,1	0,4	0,3	10 (1) - (2) 10 (3) 10 (4)
Nitrito	mg/L	0,02	<0,02	<0,02	1 (1) - (2) 1 (3) - (4)

- (1) Portaria 518 do MS
(2) CONAMA 274, Própria, Satisfatória
(3) CONAMA 357, Classe I, pH entre 7,5 e 8,0
(4) CETESB Decisão de Diretoria 195-2005-E

Os ensaios realizados indicaram que a água subterrânea da caverna Casa de Pedra não é potável em função da presença de coliformes totais, fecais e *Escherichia coli*. Em relação a balneabilidade suas águas são classificadas como próprias de caráter excelente. As taxas de nitratos não evidenciam impacto antrópico.

4.2.16.2. Microclimatologia

A caverna Casa de Pedra apresenta grande desenvolvimento linear, com extensão de 5.547 m e desnível de 292 m. Apresenta duas entradas, cada qual em uma de suas extremidades, de grande amplitude. Um rio corta seu interior.

A Figura 261 apresenta os pontos de monitoramento microclimático na caverna Casa de Pedra.

O primeiro termohigrômetro foi instalado próximo à entrada principal da cavidade, já no interior da caverna para abrigá-lo das chuvas. Este local recebe radiação solar difusa e situa-se próximo ao leito do rio.

O segundo sensor foi instalado a uma distância de cerca de 400 m do primeiro, em um local onde o corredor sofria um pequeno estreitamento. Já o último distou um quilômetro do anterior, aproximadamente, em um novo estreitamento. Neste ponto, a caverna faz uma curva, o que proporciona maior circulação atmosférica. O termohigrômetro foi alocado próximo a um banco de cascalho.

A caverna Casa de Pedra estava fechada à visitação durante a realização da amostragem, portanto não é possível considerar a análise a partir de salões visitáveis e não visitáveis. Por isso, convencionou-se chamar o local de instalação do segundo termohigrômetro de *meio da galeria* e o terceiro de *curva do rio*.

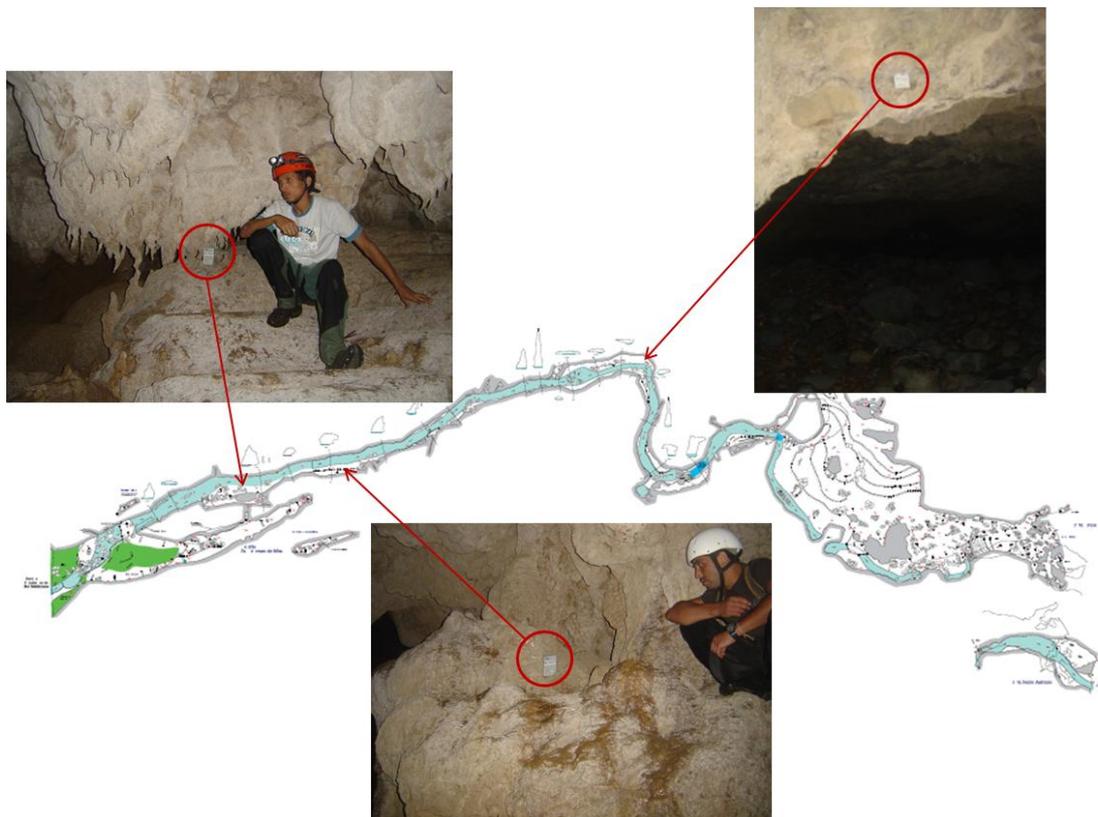


Figura 261. Localização dos termohigrômetros na caverna Casa de Pedra

Os aparelhos foram instalados no dia 24 de abril e retirados em 5 de maio. Este estudo considerou todo o período de dados dos termohigrômetros, mesmo ultrapassando o limite estabelecido de uma semana.

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar obtidos nos três pontos durante o período de 11 dias foram trabalhados estatisticamente (média, máximo, mínimo, amplitude, moda, mediana, variância e desvio padrão) e podem ser visualizados na Tabela 89.

Tabela 89. Parâmetros estatísticos da temperatura e UR do ar da caverna Casa de Pedra

	Temperatura do ar (°C)			Umidade relativa do ar (%)		
	Entrada	Meio da galeria	Curva do rio	Entrada	Meio da galeria	Curva do rio
Média	17,69	19,03	19,27	99,49	96,54	95,63
Máximo	18,50	19,65	20,25	100,00	97,73	96,86
Mínimo	15,3	17,89	18,58	93,50	88,92	83,96
Amplitude	3,20	1,76	1,67	6,50	8,81	12,90
Moda	17,40	18,84	19,10	100,00	97,70	96,67
Mediana	17,80	18,99	19,18	100	96,78	95,96
Variância	0,36	0,14	0,06	1,54	0,93	1,73
Desvio padrão	0,60	0,37	0,25	1,24	0,96	1,32

No interior da caverna as médias térmicas foram mais elevadas do que na entrada. O ponto mais interior, na curva do rio, apresentou a maior média, de 19,27°C e a entrada a menor, de 17,69°. Na curva do rio, foi registrada a máxima do período (20,25°C) e na entrada a mínima (15,3°C). A realização do trabalho de campo no outono explica essa configuração, pois o interior da caverna tende a manter a média térmica da região, enquanto no meio externo as temperaturas diminuem nesta estação do ano.

As amplitudes térmicas foram maiores na entrada (3,2°C), devido à incidência de radiação solar difusa. No interior da gruta as amplitudes foram de 1,76°C no meio da galeria e de 1,67°C na curva do rio.

As modas e medianas foram próximas entre si e às médias. Este fato, aliado aos baixos valores de variância e desvio padrão, indica baixa flutuação ambiental nesta caverna.

A umidade relativa do ar média foi maior na entrada da caverna (99,49%) do que em seu interior. A máxima só atingiu os 100% neste ponto. No meio da galeria a máxima foi de 97,73% e na curva do rio de 96,86%. As mínimas foram inferiores no interior da caverna, comparando com a entrada.

Os elevados valores de UR justificam-se pela presença de água no ambiente subterrâneo, proteção pelo capeamento rochoso e gotejamento dos espletomas.

As amplitudes hígricas aumentam a média em que se adentra na caverna, o que não é comum. Na entrada ela foi de 6,5%, chegando a 12,9% na curva do rio. Essa amplitude maior foi registrada no primeiro dia, quando os higrômetros ainda estavam se aclimatando ao ambiente subterrâneo e podem ser desconsideradas. Apesar dos gradientes consideráveis, a média e a mediana próximas entre si conferiram baixos valores de variância e desvio padrão.

A Figura 262 mostra a variação da temperatura do ar nos três pontos de medida durante o período de 11 dias.

A temperatura do ar apresentou variações acompanhando o ciclo dioturno, especialmente na entrada da caverna. As mudanças entre o dia e a noite também podem ser percebidas no interior da cavidade, mesmo no ponto localizado a mais de um quilômetro de sua boca. Não se percebe atraso na assimilação do tempo exterior na medida em que se adentra na gruta, apenas diminuição da amplitude térmica, indicando alto fluxo de energia na caverna Casa de Pedra.

Empiricamente, pode-se perceber que esta caverna é bastante ventilada, devido à amplitude de sua boca, aos amplos salões e à presença de um rio de águas correntes.

Momentos após a instalação e a pouco antes da retirada dos termohigrômetros, foram simuladas visitas na cavidade. Ambas contaram somente com a presença de duas pessoas. Nenhuma alteração na atmosfera cavernícola foi percebida na presença dos turistas.

Ressalta-se que duas pessoas em relação ao porte desta caverna é muito pouco para qualquer detecção de alteração. Mas, a partir das características físicas desta cavidade e dos dados amostrados, entende-se que o ambiente desta apresenta baixíssima suscetibilidade a alterações microclimáticas decorrentes de visita humana, pois apresenta alta troca e fluxo de energia em seu interior.

Segundo os registros da administração do núcleo Caboclos do PETAR, nenhum grupo adentrou a cavidade durante o período amostrado, mas não se descarta a possibilidade de outras equipes do plano de manejo o terem feito, visto que o registro é falho. Entretanto, destaca-se que não foram

encontradas variações anômalas tanto nos valores de temperatura que possam ser atribuídas a alguma eventual visitação humana.

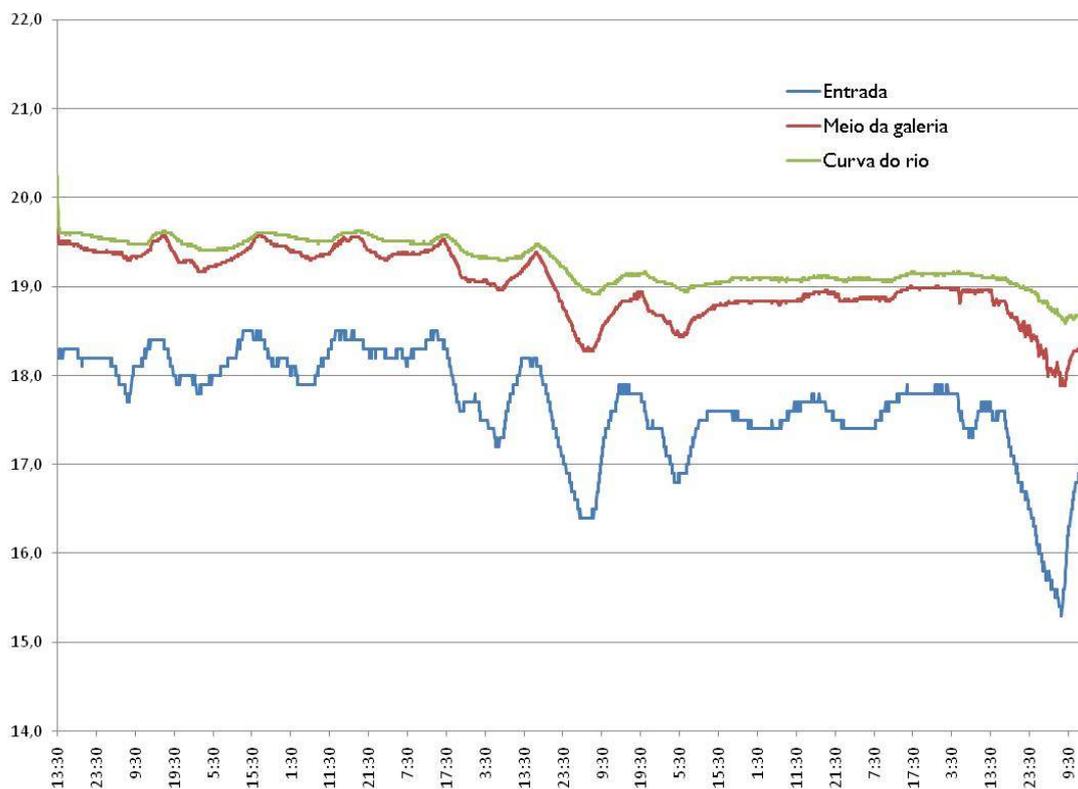


Figura 262. Varia o da temperatura do ar na caverna Casa de Pedra

A Figura 263 apresenta as amplitudes térmicas diárias dos pontos localizados no interior da caverna e o número de visitantes.

Analisando-se o gráfico, percebe-se que as amplitudes foram bastante variáveis, acompanhando a tendência de varia o do meio externo. Assim, não podem ser apontadas correla es entre os gradientes e o número de visitantes.

A Figura 264 mostra a varia o da umidade relativa do ar na caverna Casa de Pedra.

Assim como ocorria com a temperatura do ar, a umidade do meio interno também segue a tendência de varia o do meio externo, especialmente no meio da galeria, porém com menores amplitudes. Na curva do rio, as varia es são mais t nuas e são pouco percebidas.

A umidade do ar tende a satura o nos três pontos estudados.

Não foram percebidas varia es na UR em decorrência das visita es turísticas. As oscila es estão ligadas a mudanças da situa o climática regional.

A Figura 265 mostra o perfil térmico da cavidade, realizado na tarde do dia 17 de maio, em condi es naturais e na presença de três pessoas.

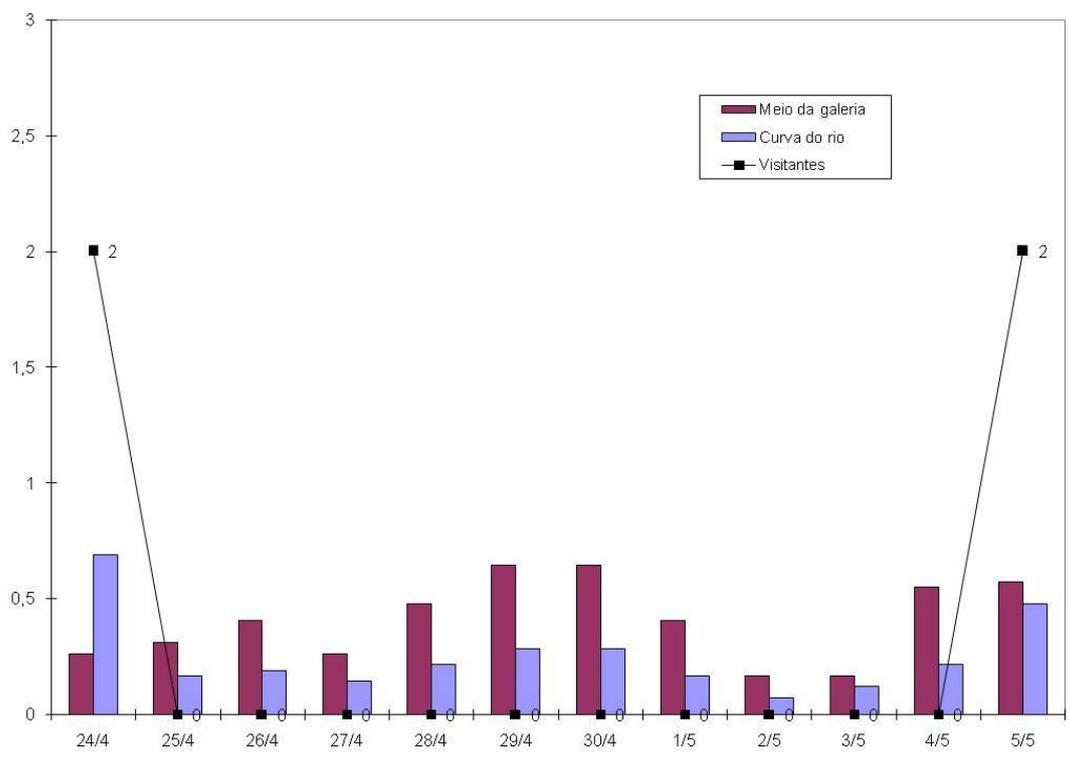


Figura 263. Amplitudes térmicas diárias e número de visitantes na caverna Casa de Pedra

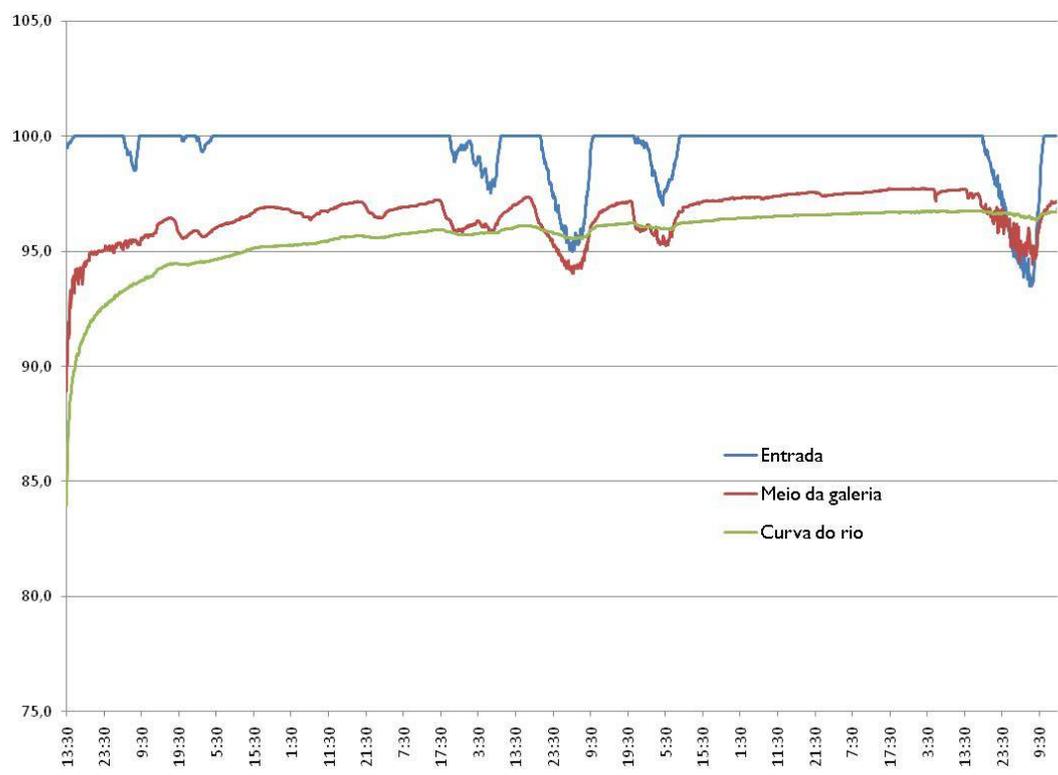


Figura 264. Variação da umidade relativa do ar na caverna Casa de Pedra

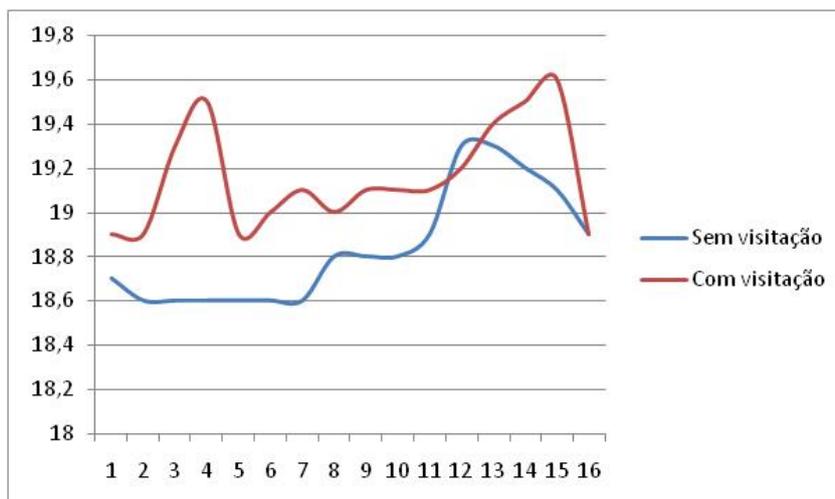


Figura 265. Perfil térmico da caverna Casa de Pedra

Devido à grande extensão da caverna e ao curto período de tempo para realização do trabalho de campo, não foram coletados dados em toda extensão da caverna. Iniciou-se os registros em sua entrada principal, encerrando na curva do rio, onde estava instalado o terceiro termohigrômetro.

Os dados dos perfis seguiram a tendência apontada pelos termohigrômetros de quanto mais se interioriza na cavidade, maior a temperatura do ar. Nota-se um considerável aumento nos valores com a passagem dos turistas, com amplitudes de até 0,9°C. Deve ser ressaltado, no entanto, que os dados foram colhidos em horários diferentes e podem ter alterado por conta disso.

A Figura 266 apresenta o perfil de dióxido de carbono da cavidade.

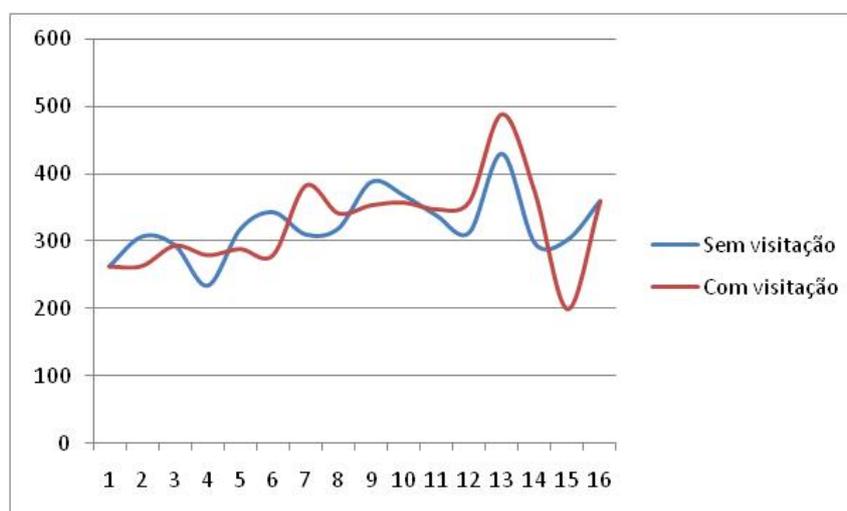


Figura 266. Perfil de gás carbônico da caverna Casa de Pedra

A concentração de CO₂ aumenta no interior da cavidade, pois o gotejamento dos espeleotemas resulta na liberação do gás.

Na presença de três turistas, o perfil apresentou algumas variações, ora com aumento dos valores, ora com rebaixamento, o que impossibilita afirmar que houve impactos pela presença antrópica.

Devido à frágil metodologia e ao baixo número de visitantes frente à capacidade de visitação apresentada por esta caverna, não se podem tecer afirmações conclusivas quanto aos impactos gerados em sua atmosfera em decorrência da presença antrópica. Empiricamente, percebeu-se uma boa capacidade de ventilação na caverna, comprovada pela rápida resposta do ambiente interno frente às variações externas. No entanto, foram encontradas algumas alterações na temperatura do ar quando da realização de um perfil.

Pelo exposto, acredita-se que a caverna pode ser aberta à visitação para grupos pequenos e médios. Porém, novos trabalhos, com amostragem maior de dados e simulações com diferentes quantidades de pessoas, devem ser realizados para se estipular a real capacidade de carga da caverna Casa de Pedra. A fragilidade do microclima pode ser observada a seguir (Figura 267).

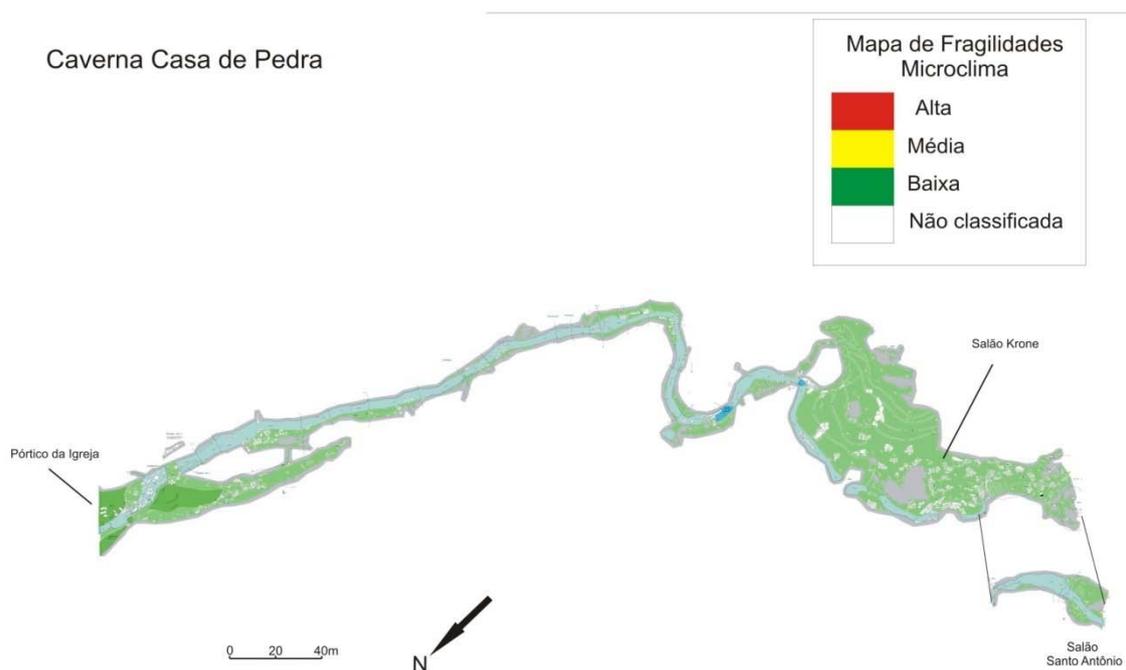


Figura 267. Fragilidade do microclima da caverna Casa de Pedra

4.2.16.3. Fauna cavernícola

Devido às condições meteorológicas atípicas em 2009, a cavidade não foi visitada para o estudo de biologia terrestre e aquática. Assim sendo, a avaliação do grau de fragilidade baseou-se em informações obtidas em visitas realizadas por biólogos em anos bem anteriores.

4.2.16.4. Fungos e outros patógenos

Foram coletadas três amostras em manchas de guano e encaminhadas para análise laboratorial para verificação da presença do agente patógeno. A Tabela 90 apresenta de forma resumida as características das amostras coletadas na caverna Casa de Pedra.

Tabela 90. Caracterização das amostras coletadas

Amostra	Característica da amostra	Local	Resultado
Nº 28	Seca, negra, não foram encontrados indivíduos sobrevoando o ponto. Local sem iluminação durante o dia, com temperatura de 19,7°C e 93% de umidade, mancha nas dimensões 0,50x0,60m.	Área de desmoronamento, lado direito da caverna.	■
Nº 29	Úmida, negra, sobre as rochas, entre o Rio Iporanga, não foram encontrados indivíduos sobrevoando o ponto. Local com iluminação durante o dia, com temperatura de 19,9°C e 92% de umidade, mancha nas dimensões 2,00x2,00m.	Entrada da caverna, rochas no leito do rio.	■
Nº 33	Úmida, negra, está em uma rocha com água corrente do rio ao seu redor, não foram encontrados indivíduos sobrevoando o ponto. Local com iluminação durante o dia, com temperatura de 17,4°C e 99% de umidade, mancha nas dimensões 1,30x1,20m.	Entrada do lado direito.	■

Os resultados laboratoriais não indicaram a presença do fungo *Histoplasma capsulatum* var. *capsulatum*, causador da histoplasmose, em nenhuma das amostras coletadas. Contudo a ocorrência deste agente patógeno no ambiente cavernícola tem forte vínculo com as populações de quirópteros que podem não ser fixas a uma única caverna. Assim, os resultados negativos para as amostras, não permitem afirmar que todo o ambiente da caverna esteja livre da presença deste fungo e, por isso, análises periódicas devem ser feitas a fim de monitorar a ocorrência deste patógeno.

4.2.16.5. Patrimônio histórico, cultural e arqueológico

A caverna Casa de Pedra, não apresenta registros arqueológicos em literatura, e suas características a configuram como um ambiente pouco favorável a ocupação humana pretérita. A Tabela 91, abaixo, resume os registros encontrados para esta caverna.

Tabela 91. Registros arqueológicos da caverna Casa de Pedra

Agrupamento 9	Bibliografia ¹	Prospecção ²	CVA ³	SVABP ⁴	SVARP ⁵
Caverna Casa de Pedra	X		X**		

¹ Dispõe de conhecimento arqueológico registrado em bibliografia.

² Cavernas para as quais não foram encontrados registros arqueológicos bibliográficos (nenhum ou insuficiente) exigindo o trabalho de prospecção.

³ Cavidades com vestígios arqueológicos (CVA)

* vestígios arqueológicos identificados pela pesquisa dos PMEs

** cavernas para as quais já se contava com informação de vestígios arqueológicos ou culturais

⁴ Cavidade sem vestígios arqueológicos e com bom potencial arqueológico

⁵ Cavidade sem vestígios arqueológicos e com restrito potencial arqueológico

A entrada principal da caverna Casa de Pedra se destaca na paisagem pela grandiosidade do pórtico, reconhecido como o maior do mundo. Está localizado próximo ao topo de serra, cercado por Mata Atlântica preservada. A caverna atravessa considerável extensão subterrânea em meio aos calcários, sendo a ressurgência um afluente do ribeirão Iporanga. A área encontra-se em ambiente desabitado, bastante bem preservado. A entrada superior é de difícil acesso e a topografia extremamente íngreme não privilegia a ocupação humana. Na área da ressurgência a paisagem é formada por terraços fluviais mais ou menos estreitos, bastante florestados, exibindo considerável potencial arqueológico.

Nas proximidades, ao longo do paredão calcário onde se encontra a boca da caverna, e distando dela não mais que algumas dezenas de metros, encontra-se um abrigo rochoso de dimensões reduzidas, chamado Maximiano, escavado por G. C. Collet nos anos 1970. Este autor descreve, para este sítio, uma seqüência estratigráfica bastante complexa, onde fogueiras formadas por lentes de cinzas e carvões entremeiam-se a camadas de carapaças de megalobulimus e restos líticos e faunísticos. Collet, inclusive, exumou dali um esqueleto que provinha de um sepultamento intacto e articulado. Carvões provenientes dos estratos basais do corte forneceram uma das primeiras datações mais antigas para o vale do Ribeira, em torno de 10.000 anos AP.

Com base na semelhança dos vestígios aqui encontrados com os do sambaqui da Capelinha, situado nas proximidades da caverna de mesmo nome, na bacia do ribeirão Jacupiranguinha, Collet considera este sítio um sambaqui fluvial em gruta. Assumindo esta afirmação, deve-se checar esta possibilidade através de novas escavações e datações, já que outros grupos também se utilizavam de moluscos em na dieta. De qualquer forma, trata-se de um sítio arqueológico de fundamental importância para a arqueologia do Ribeira, e sua preservação é imperativa.

4.2.16.6. Uso público

A caverna Casa de Pedra é atravessada pelo rio Maximiano, de considerável vazão, risco acrescido por alguns pontos de estrangulamento, o que exige maior precaução para suas visitas.

Informações relatadas pelos monitores que acompanharam o grupo na visita à caverna para elaborar o diagnóstico e a participação durante uma reunião de coleta de informações.

1. Benedito Ursulino de Freitas
2. Joílson Santana Barbosa – participou da visita
3. Jurandir Aguiar dos Santos
4. Vamir dos Santos – participou da visita

Foi relatado por alguns monitores que a melhor opção é entrar pela ressurgência do rio Maximiano, denominada Santo Antonio, e ir observando um pontinho de luz que vai aumentando até culminar na visão do portal que impressiona e comove pelas grandes dimensões, pela forma, pelo porte e pela beleza; relatam que é importante o monitor levar uns 20 m de corda por garantia, o que geralmente se faz necessário e já ocorre quando atravessam o lago com teto baixo.

- Toponímia: a origem de seu nome é em decorrência do grande pórtico de entrada, um grande abrigo.
- Acesso: é possível se chegar à caverna por dois acessos: o primeiro é a partir de Iporanga, onde o acesso se dá pela estrada de terra em direção ao Núcleo Casa de Pedra. Chega-se de carro e, a partir da casa do Núcleo, caminha-se por trilha com distância de 1.300 m até atravessar o rio Iporanga. Após a travessia, a trilha continua em aclave de aproximadamente 30 graus durante uma hora de caminhada até chegar ao topo do morro e em seguida passa a ser plana e com declive até chegar ao maior pórtico de caverna do mundo, com 215 m de altura. O segundo acesso pode ser pelo Núcleo Caboclos: após deixar o carro na sede, caminha-se por uma trilha durante aproximadamente 3 horas em passos tranquilos para se chegar à entrada do maior portal, sumidouro do rio Maximiano.
- Descritivo do atual circuito de visitação:

1ª parada - Entrada: explicação sobre as características da caverna.

2ª parada - Janelão: entrada pela boca de cima (sumidouro) e saída pela boca Santo Antonio (ressurgência). Em virtude do grande barulho da água e frio, os monitores orientam o grupo antes para evitar paradas durante o percurso.

O percurso de caminhada proposto para a caverna Casa de Pedra pode ser observado na Figura 268.



Figura 268. Caverna Casa de Pedra – caminhamento com os pontos interpretativos

4.2.16.7. Síntese das recomendações para o zoneamento ambiental espeleológico

Para o ZAE da caverna Casa de Pedra os seguintes aspectos foram pontuados pelos coordenadores de diagnósticos temáticos:

Meio Físico: A caverna apresenta morfologia com detalhamento vadoso, com formação de painéis e scallops. Há presença de depósitos clásticos na região do salão e na área do salãozinho a formação de espeleotemas é muito interessante e por isso essa região é de alta fragilidade (com visita muito restrita).

Microclima: A presença de visitantes na caverna não alterou seus padrões climáticos frente à boa ventilação e troca de fluxo da caverna. Desse modo não há restrições à visita. O monitoramento de fatores climáticos externos (chuvas) é essencial para o uso da caverna, já que apresenta risco fatal aos visitantes com a cheia do rio.

Espeleobiologia: A caverna é bastante dinâmica em função do rio que cruza toda sua extensão e diante dessa dinâmica toda a riqueza da fauna nesta cavidade está nas paredes, teto e partes secas da caverna e não no rio. Como uma exceção, nesta caverna o caminhamento é recomendado que seja feito pelo rio.

Arqueologia: A caverna não apresentou potencial arqueológico, contudo a região do entorno apresenta vestígios. O abrigo do Maximiano apresenta sítio arqueológico, e tem potencial para visita. É recomendado que mais estudos de prospecção arqueológica sejam feitos no local e entorno.

Turismo: Para a visita normal a entrada deve ocorrer pela boca São Jorge, com a saída feita por cima (serão necessárias intervenções com cordas e escadas em alguns pontos); para a travessia a entrada deve ser feita pelo Portal. A realização da prática de rapel no pórtico da caverna pode ser uma das atividades de turismo de aventura para este núcleo e não deve entrar em conflito com a visita da caverna – será necessário implantar diversas medidas de segurança. A visita nesta caverna poderia atender a demanda dos seguintes públicos: I) Visitantes praticantes do rapel; II) Visitantes interessados na travessia da caverna; III) Visitantes interessados no percurso normal de visita; IV) Visitantes interessados apenas em visitar o pórtico de entrada da caverna.

Estas recomendações são sintetizadas por meio das fragilidades integradas – máximas e ponderadas –, apresentadas na Figura 269.

De um modo geral, a própria dinâmica do rio que cruza a cavidade elimina grande parte dos impactos antrópicos, o que auxiliou na redução geral de seus índices de fragilidade, muito próximos ao índice baixo, quase que na totalidade da cavidade.

4.2.16.8. Zoneamento Ambiental Espeleológico

O ZAE da caverna Casa de Pedra é apresentado na Figura 270 e descrito na Tabela 92.

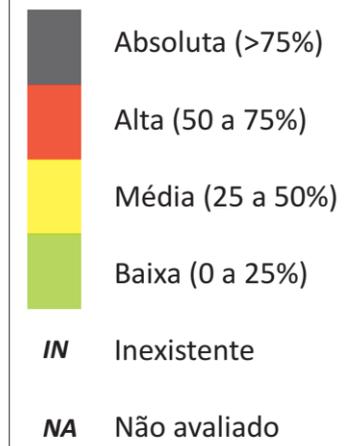
Tabela 92. Descrição geral do ZAE da caverna Casa de Pedra

Zona	Descrição da Área	Uso Permitido	Uso Não-permitido	Recomendações específicas
AI	Projeção da caverna em superfície e um entorno de 250m ao seu redor.	Uso indireto dos recursos naturais.	Uso direto dos recursos naturais.	Delimitar a área de influência a partir da abrangência de sua bacia hidrográfica. Monitorar os rios da bacia, para melhorar a segurança ao uso público.
ZP	A maior parte das galerias e salões da caverna.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pesquisa ▪ Espeleologia ▪ Iniciação espeleológica ▪ Fiscalização. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espeleoturismo. 	-
ZUE	Circuito de visitação entre a boca Santo Antônio e a entrada Krone.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pesquisa ▪ Espeleologia ▪ Espeleoturismo de baixa e média escala ▪ Iniciação espeleológica ▪ Fiscalização. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espeleoturismo de larga escala. 	A implantação deste circuito está condicionada à instalação das benfeitorias para a saída via pórtico Krone.
ZUE	Circuito de travessia da caverna.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pesquisa ▪ Espeleologia ▪ Espeleoturismo de baixa escala ▪ Iniciação espeleológica ▪ Fiscalização. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espeleoturismo de média e larga escala. 	A implantação deste circuito está condicionada à instalação das benfeitorias para a travessia do poço da serpente e de escadas para a saída da caverna, no pórtico da Igreja, além de outras que se façam necessárias.
ZHC	Zonas próximas à ambos os pórticos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pesquisa ▪ Fiscalização. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espeleoturismo ▪ Espeleologia. 	-

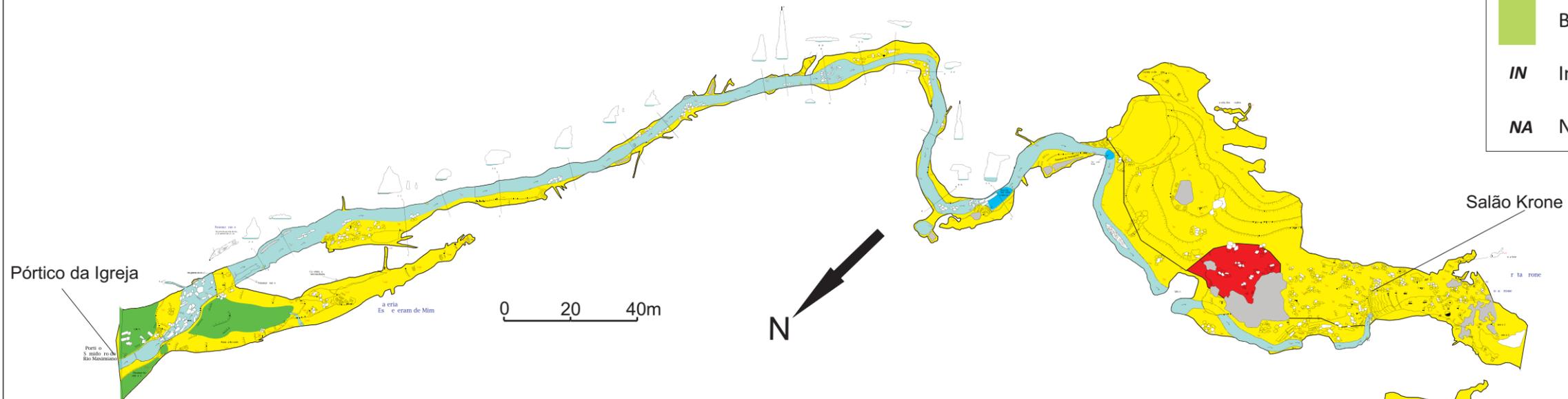
Caverna Casa de Pedra

Legenda

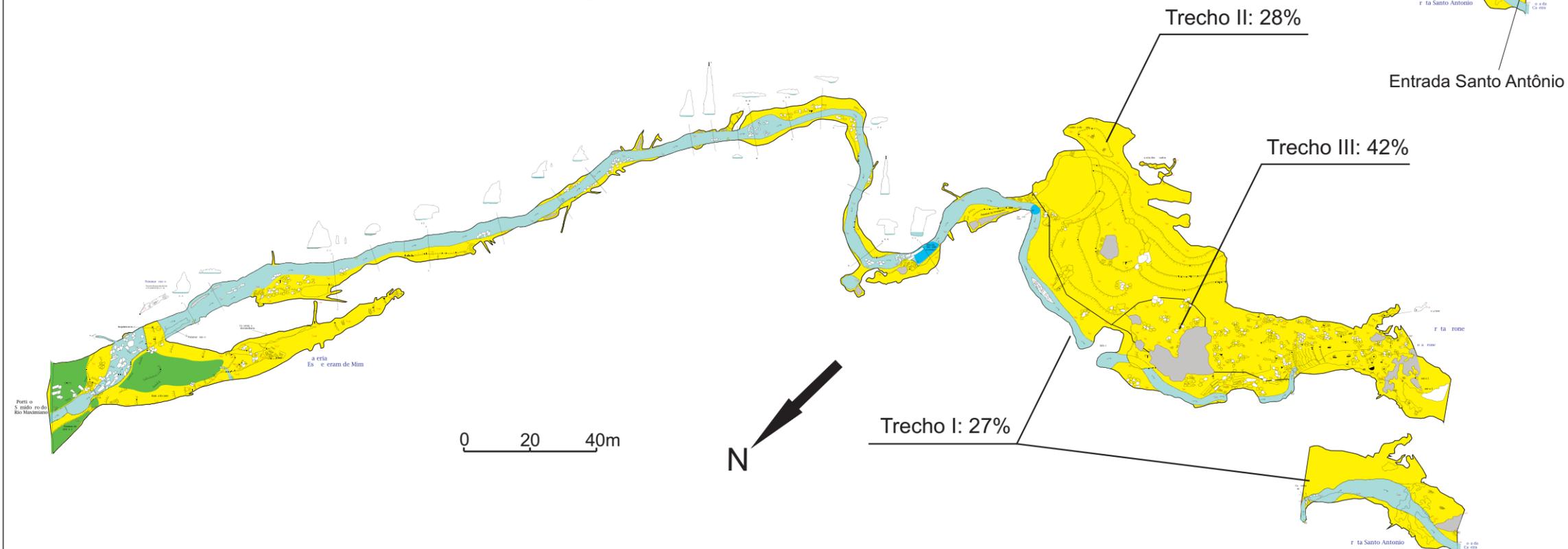
Valoração dos índices de fragilidade:



Fragilidades Máximas



Fragilidade ponderada



Caverna Casa de Pedra

Zoneamento Ambiental Espeleológico



Legenda ZAE

	Caminhamento de uso Extensivo (ZUE)
	Caminhamento de uso extensivo B (ZUE B)
	Zona Histórico-Cultural (ZHC)
	Zona Primitiva (ZP)

4.2.17. Caverna Água Sumida

FICHA TÉCNICA DA CAVERNA ÁGUA SUMIDA	
Nome Oficial: Gruta Água Sumida Nome Usual: Caverna Água Sumida	Dados cadastrais: CNC-SBE n° SP-193
Localização: PETAR/Núcleo Caboclos Município: Iporanga, SP Bacia Hidrográfica: Bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, sub-bacia do rio Iporanga, córrego do Espírito Santo Litologia: calcário	Coordenada geográfica da entrada Latitude: 24°27'42,3" S Longitude: 48°36'44,1" W Altitude: 614 m Datum: WGS 1984 (satélites: 6, erro: 10 m)
Desenvolvimento: 298 m de extensão (Projeção Horizontal - Descontínua) Desnível: 7 m	Topografia: <ul style="list-style-type: none"> ▪ GBPE, 2003, BCRA grau 4C
Acesso: A partir da sede do núcleo Caboclos são 6 km de distância, sendo 4 km percorridos de carro por estrada de terra e 2 km percorridos a pé por trilha de médio grau de dificuldade, sendo os últimos 400 m pelo leito do ribeirão Maximiano	
HISTÓRICO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Poucas explorações espeleológicas a partir dos anos 1960, com destaque para exploração e topografia de Celso Zilio em 1985 ▪ No início dos anos de 1980 o Parque foi efetivamente implantado e começou a receber uma visitação mais regular, com aumento significativo a partir da segunda metade dos anos 1990. A cavidade se localiza no Núcleo Caboclos, ainda com pouca visitação
ATRATIVOS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cânion e pórtico de entrada com altura significativa ▪ Rio subterrâneo com cascatas ▪ Conjunto de espeleotemas na porção central da cavidade
MEIO FÍSICO	Hidrologia: <ul style="list-style-type: none"> ▪ O interior da caverna é quase que totalmente ocupado pelo ribeirão Maximiano, o mesmo rio que percorre a caverna Casa de Pedra Depósitos clásticos e fossilíferos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Não há depósitos preservados, somente cascalhos ativos ao longo do leito do rio subterrâneo devido à dinâmica do fluxo do córrego Espírito Santo ▪ Há marquises que indicam a existência destes depósitos ao longo do tempo geológico Espeleotemas: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Predominam estalactites ▪ O principal conjunto de espeleotemas está na porção mediana da cavidade, sendo formado por uma grande coluna, estalactites e um conjunto de travertinos Padrão da rede de condutos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Seu alinhamento principal segue a orientação NW/SE, perpendicular à foliação dos metacalcários, sugerindo sua gênese a partir de discontinuidades (fraturas) ▪ Os condutos exibem entalhamento vadoso, formando cânions de até 18 m de altura

BIODIVERSIDADE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fauna terrestre: 31 morfoespécies de invertebrados e duas de vertebrados, sendo que uma das espécies apresenta troglomorfmismos (<i>Cryptodesmidae</i> sp.2) ▪ Fauna aquática: 31 morfoespécies encontradas, sendo que uma das espécies está em fase de identificação, mas, observou-se redução de pigmentação nos dois indivíduos e olhos afundados na pele. Em relação às ocorrências de espécies indicadoras de boa qualidade de água, os seguintes grupos foram registrados: Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera, Odonata, Megaloptera e Amphipoda
-----------------------	--

4.2.17.1. Geoespeleologia

A caverna Água Sumida é percorrida pelo ribeirão Maximiano, mesma drenagem da caverna Casa de Pedra e provavelmente se instalou numa descontinuidade do corpo calcário iniciando o processo de entalhamento. A cavidade possui orientação geral NW/SE, perpendicular à foliação regional dos calcários alinhada segundo a direção NE/SW (Figura 271). O Anexo 24.I traz o mapa topográfico da cavidade.

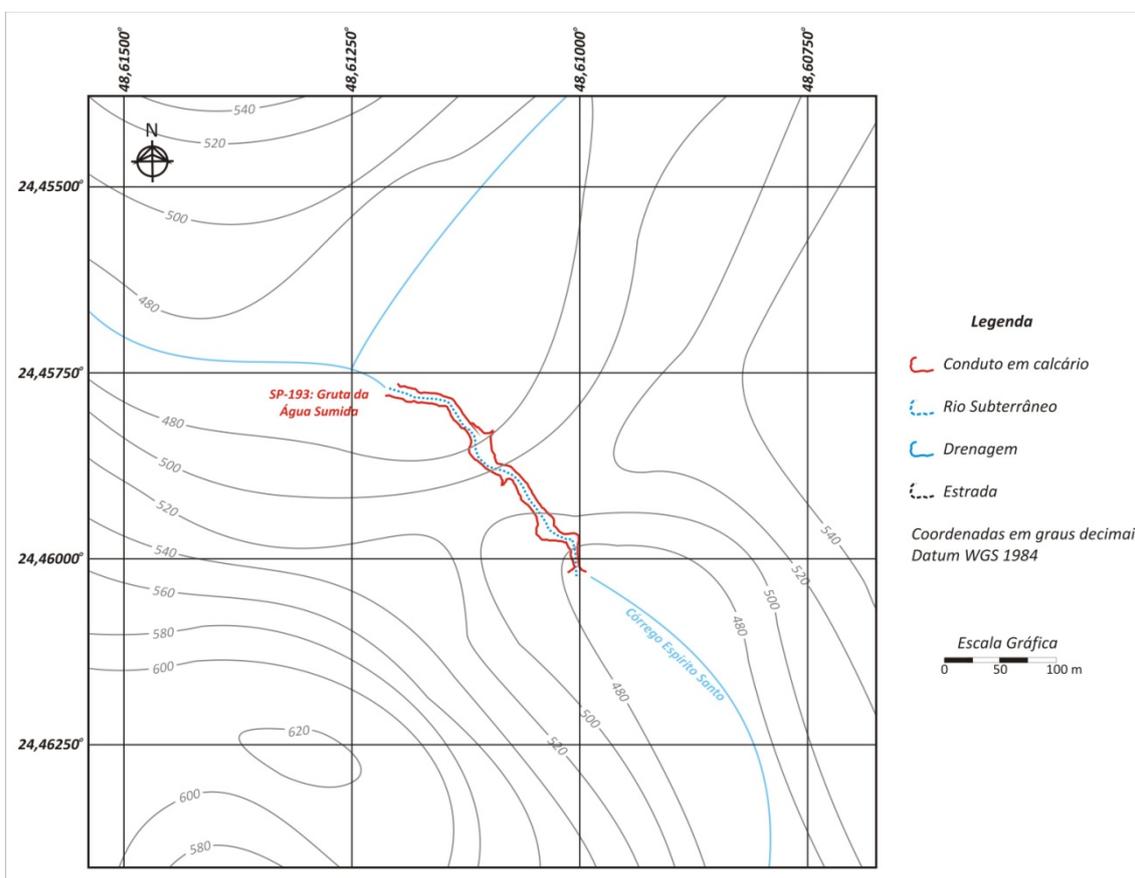


Figura 271. Paisagem subterrânea e topografia do entorno

A região ao redor da cavidade, compreendendo o perímetro de 250 m fixado como sua AI, não apresenta ocupação humana, também não sendo identificados processos potencialmente impactantes ao meio subterrâneo.

A caverna Água Sumida situa-se 1,8 km a jusante do Bairro Espírito Santo, sendo acessada através de uma pedreira abandonada com acesso pelo Bairro Serra da Dúvida. A partir da pedreira toma-se

uma trilha em meio à mata seguindo até o leito do ribeirão Maximiano. A partir daí o caminho segue pelo leito do rio por aproximadamente 500 m.

A planície do ribeirão Maximiano vai se estreitando a medida que o rio se aproxima do sumidouro, adentrando um cânion com mais de 50 m de amplitude instalado em meio aos calcários. A passagem entre o meio externo e o meio subterrâneo é suave, e mesmo na porção externa da cavidade o visitante tem a sensação de estar no meio subterrâneo em função da grande amplitude do cânion.

Internamente a caverna é praticamente retilínea. O trajeto entre o sumidouro e a ressurgência, que é da ordem de 300 m, é praticamente realizado sobre o piso em rocha, que se encontra parcialmente encoberto por cascalheiras inconsolidadas. Ao longo deste trajeto quase não são observados espeleotemas, talvez em função destes estarem localizados em cota topográfica não visível no interior do cânion subterrâneo. Os Anexos 24.2 e 24.3 trazem respectivamente as feições morfológicas indicativas de evolução e as feições geológicas e ocorrências de depósito.

O único espeleotema que pode ser observado no interior da cavidade é um conjunto de travertinos, localizado praticamente em sua porção mediana. Neste local também pode se observar a presença de uma intrusão básica, que se apresenta muito fraturada, inclusive com aporte de água subterrânea através das fissuras.

Pode-se ainda observar ao longo do leito do rio subterrâneo algumas “panelas”, feição de corrosão provocada pela contínua abrasão de um seixo em movimento rotacional, e *scallops*, feição semelhante a uma escama que indica a direção do fluxo subterrâneo

A visitação pode ser realizada ao longo de toda a cavidade (Figura 272), existindo somente um trecho mais profundo nas proximidades da ressurgência – aproximadamente 1,5 m de profundidade. A visitação deve ser evitada no período da tarde na estação chuvosa, pois o nível do rio pode rapidamente se elevar.

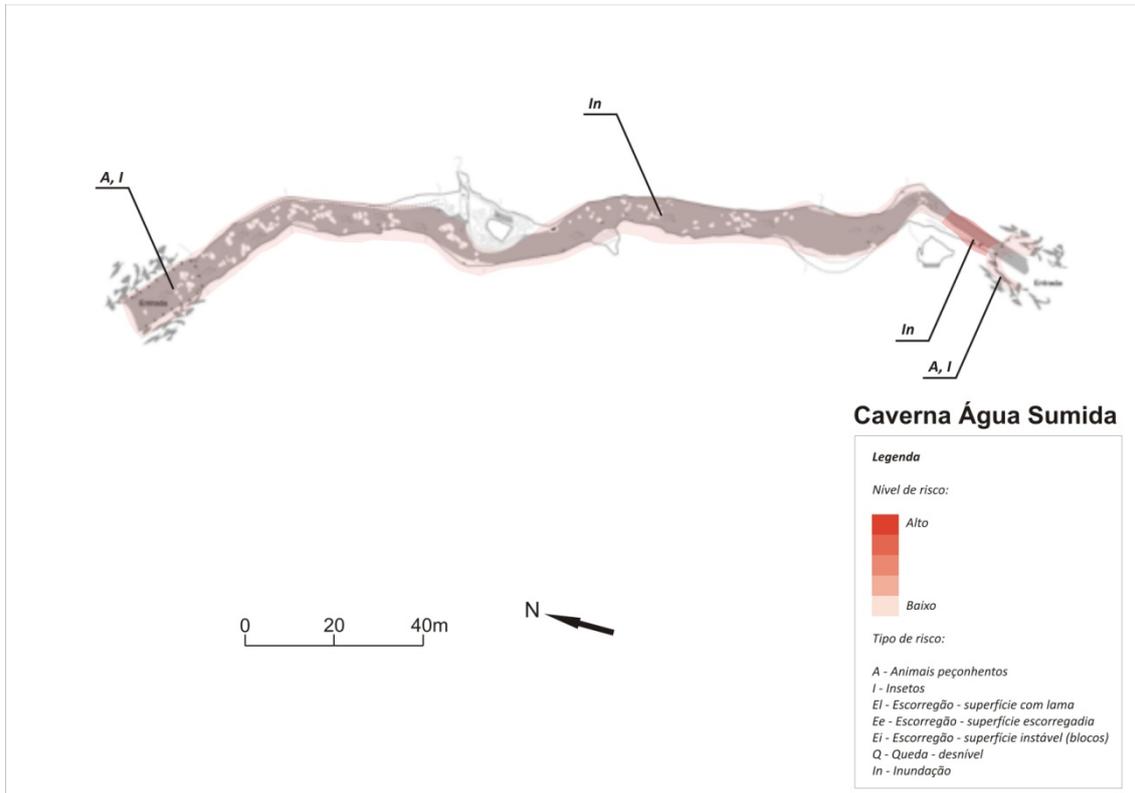
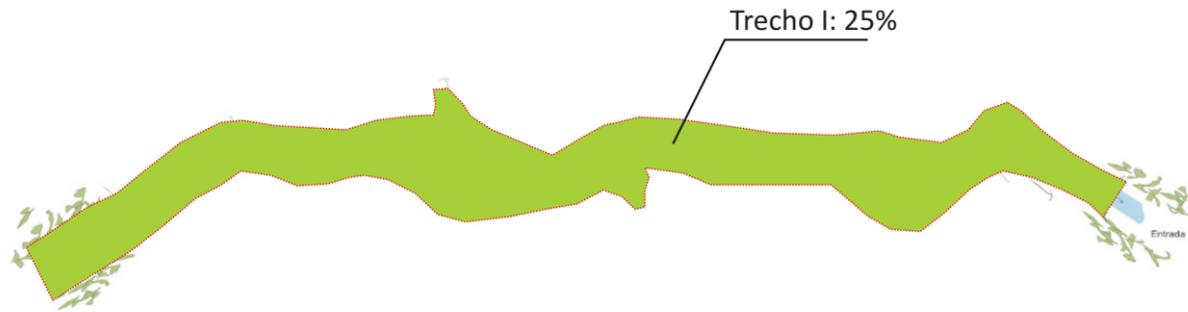


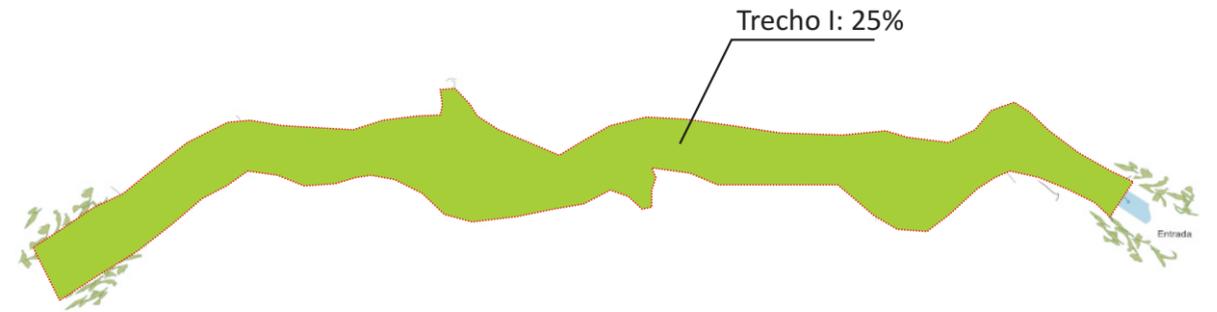
Figura 272 - Feições físicas de risco a visitação na cavidade

A fragilidade do meio físico pode ser observada na Figura 273. O Anexo 23.4 traz a classificação da fragilidade da cavidade.

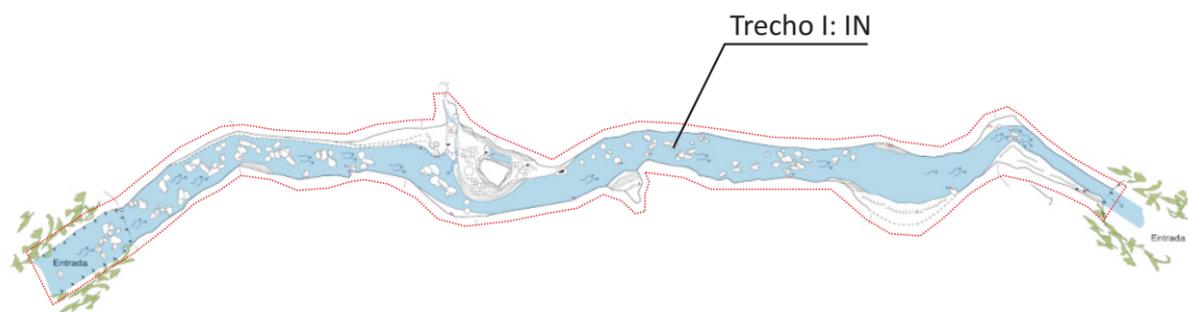
Morfologia



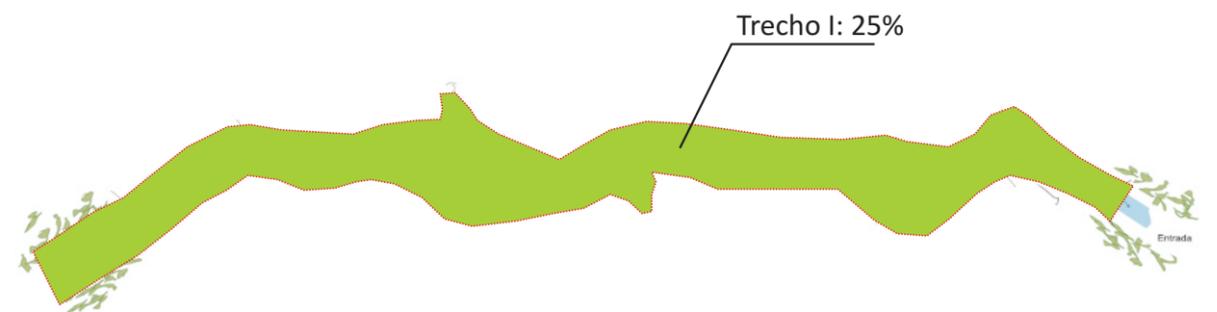
Espeleotemas



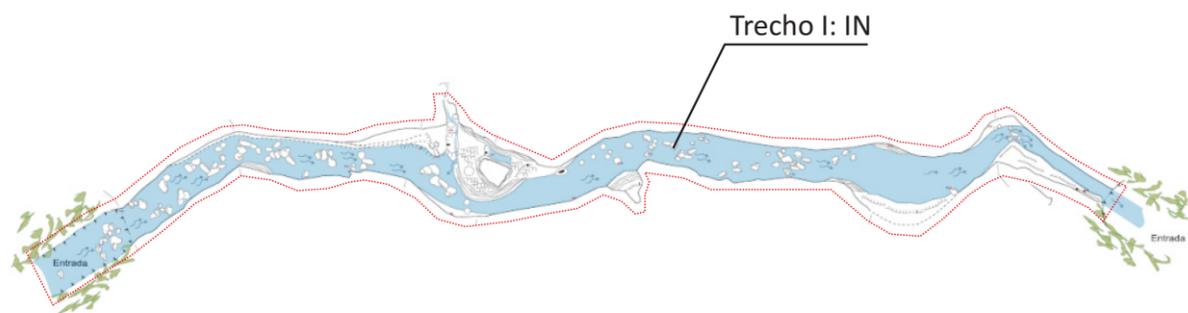
Depósitos Clásticos



Fragilidade Específica



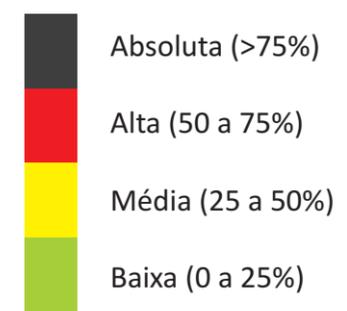
Depósitos paleontológicos ou arqueológicos



Caverna Água Sumida

Legenda

Valoração dos índices de fragilidade:



IN Inexistente

NA Não avaliado

Qualidade da água

As coletas de água subterrânea na caverna Água Sumida foram realizadas em 26/04 e 30/08/2009. A Figura 274 apresenta o local de realização das coletas, e a Tabela 93 resume os resultados obtidos com os ensaios de laboratório.



Figura 274. Ponto de coleta de água subterrânea – caverna Água Sumida

Tabela 93. Resultados dos ensaios de água subterrânea – caverna Água Sumida

Parâmetro Analisado	Unidade	Limite de Detecção	Data da Coleta		Padrão de Comparação
			26/04/2009	30/08/2009	
Condições Ambientais	-	-	Sol	Sol	-
pH	-	0,01	7,55	7,61	-
Temperatura	°C	0,1	18,8	16,4	-
Coliformes Fecais	NMP/100mL	1	8	10	Ausente (1) 250 (2) 200 (3) - (4)
Coliformes Totais	NMP/100mL	100	1630	1986	Ausente (1) - (2) - (3) - (4)
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1	8	10	Ausente (1) 200 (2) 100 (3) - (4)
Nitrogênio Albuminóide	mg/L	0,15	<0,15	<0,15	- (1) - (2) - (3) - (4)
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,1	<0,1	<0,1	- (1) - (2) 2,0 (3) - (4)
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/L	0,1	1,0	0,97	- (1) - (2) - (3) - (4)

Parâmetro Analisado	Unidade	Limite de Detecção	Data da Coleta		Padrão de Comparação
			26/04/2009	30/08/2009	
Nitrogênio Orgânico	mg/L	0,1	1,00	0,97	- (1) - (2) - (3) - (4)
Nitrato	mg/L	0,1	<0,1	0,3	10 (1) - (2) 10 (3) 10 (4)
Nitrito	mg/L	0,02	<0,02	<0,02	1 (1) - (2) 1 (3) - (4)

- (1) Portaria 518 do MS
(2) CONAMA 274, Própria, Excelente
(3) CONAMA 357, Classe I, pH entre 7,5 e 8,0
(4) CETESB Decisão de Diretoria 195-2005-E

Os ensaios realizados indicaram que a água subterrânea da caverna Água Sumida não é potável em função da presença de coliformes totais, fecais e *Escherichia coli*. Em relação a balneabilidade suas águas são classificadas como próprias de caráter excelente. As taxas de nitratos não evidenciam impacto antrópico.

4.2.17.2. Microclimatologia

A caverna Água Sumida é formada por uma galeria em formato de duto, sendo atravessada em toda sua extensão pelo Rio Maximiano. Possui projeção horizontal de 298 m e desnível de apenas 7 m.

A cavidade é dotada de duas entradas em suas extremidades. Sua galeria apresenta largura e altura que variam pouco, com pequeno estreitamento de diâmetro em seu trecho de jusante.

Os trabalhos de campo para coleta de dados nesta caverna foram realizados entre os dias 23 de abril e 06 de maio de 2009, datas em que os termohigrômetros foram instalados e retirados, respectivamente. O período de 7 dias escolhido para representação dos dados foi entre 24 e 30 de abril.

A Figura 275 ilustra os locais onde foram instalados os três termohigrômetros utilizados para o registro da temperatura e umidade relativa do ar da cavidade.

O primeiro termohigrômetro foi instalado na entrada, em parede da margem esquerda do rio Maximiano. Conforme pode ser verificado na Figura 324, trata-se de um local abrigado mas com interface com clima externo. Este ponto de instalação do sensor foi denominado *Ponto 1 – Entrada*.

O segundo sensor foi instalado em parede nas proximidades do local marcado pela existência de um travertino e afluência de pequena drenagem na margem esquerda do rio Maximiano. Este ponto foi nomeado *de 2 – Meio da Galeria*.

O último equipamento foi instalado a cerca de 50 m da extremidade por onde o rio Maximiano deixa a caverna e suas águas seguem a jusante. Trata-se de local onde o rio tem menor declividade e apresenta restritos depósitos de cascalho. Este ponto foi chamado de *3 – Jusante*.



Figura 275. Localização dos pontos de instalação dos termohigrômetros na caverna Água Sumida

Por constituir-se de uma única galeria com acesso facilitado em seu interior, áreas amplas, poucos obstáculos e baixa declividade, não há áreas nesta caverna que não sejam visitáveis para o turismo.

Para efeito de caracterização poderia ser considerado que o local exato em que foi alocado o *Ponto 2* não pode ser atingido por turistas, devido a ocorrência do travertino na passagem, o qual não deve ser pisoteado. Porém, este microambiente da cavidade, onde se encontra o travertino e o local de implantação do *Ponto 2*, deve ser um dos de maior visitação e permanência de turistas, justamente para apreciação do espeleotema supracitado.

Portanto, a definição de salão visitável e salão não visitável não foi aplicada a esta cavidade.

A Tabela 94 apresenta alguns parâmetros estatísticos (média, máximo e mínimo valor, amplitude, moda, mediana, variância e desvio padrão) dos dados de temperatura e umidade relativa do ar obtidos nos três pontos de análise.

Tabela 94. Parâmetros estatísticos da temperatura e UR do ar da caverna Água Sumida

	Temperatura do ar (°C)			Umidade relativa do ar (%)		
	P1 - Entrada	P2 - Meio da Galeria	P3 - Jusante	P1 - Entrada	P2 - Meio da Galeria	P3 - Jusante
Média	17,57	17,94	18,30	98,70	99,39	99,51
Máximo	18,10	18,50	18,60	100,00	100,00	100,00
Mínimo	16,00	16,40	17,50	90,30	94,70	94,80
Amplitude	2,10	2,10	1,10	9,70	5,30	5,20
Moda	17,80	18,20	18,40	100,00	100,00	100,00
Mediana	17,70	18,10	18,40	100,00	100,00	100,00
Variância	0,20	0,21	0,04	5,05	1,55	1,24
Desvio padrão	0,45	0,46	0,21	2,25	1,25	1,11

Na entrada da caverna, a média de temperatura registrada foi de 17,57°C. No meio da galeria, a média foi de 17,94°C, enquanto que no ponto Jusante foi de 18,3°C.

As amplitudes térmicas foram pequenas, de 2,10°C na entrada e no meio da galeria e de 1,10°C no Ponto Jusante. A entrada da Água Sumida é em forma de cânion, e com baixa incidência de radiação solar ao longo do dia, explicando a amplitude baixa.

Verifica-se que ocorre pequeno aumento da temperatura de montante para jusante no interior da caverna, do *Ponto Entrada* para o *Ponto Jusante*. Este resultado causa certo estranhamento, uma vez que a tendência de quanto mais interior da caverna e, portanto, com menor interferência do calor gerado pela radiação solar, mais frio, é quebrada.

Para a compreensão destes dados, pode se levantar duas hipóteses, as quais serão abordadas após a análise do gráfico de temperatura do ar.

Em relação às estatísticas de moda e a mediana das amostras de temperatura do ar, estas apresentaram valores próximos entre si e à média. Isso indica que não houve muitas flutuações ambientais no período analisado, o que pode ser comprovado pelos baixos valores de variância e desvio padrão.

A umidade relativa do ar apresenta médias próximas a 100% nos três pontos estudados. Isso comprova a elevada umidade do ambiente subterrâneo. O máximo, a mediana e a moda registradas em todos os pontos foi de 100%, enquanto o mínimo chegou a 90,3% na entrada. Assim, em todos os locais analisados, o ar encontrou-se saturado na maior parte do tempo.

A amplitude da entrada da caverna foi de 9,70%, no meio da galeria de 5,30% e no ponto Jusante, de 5,20%. A variância e desvio padrão também foram maiores na entrada. A variação maior da umidade relativa do ar na entrada ocorre em função da incidência de radiação solar, mesmo que baixa, e maior ventilação.

O gráfico a seguir (Figura 276) apresenta a variação da temperatura do ar nos três pontos estudados, durante o período de uma semana.

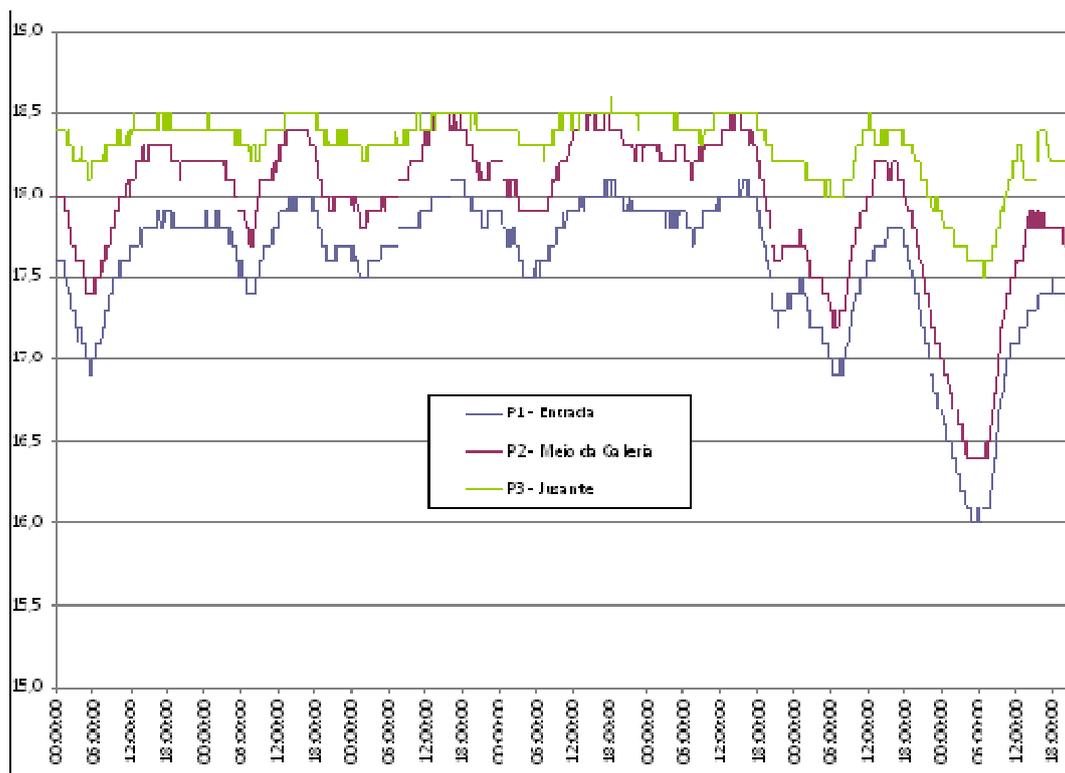


Figura 276. Variação da temperatura do ar (°C) na caverna Água Sumida

Nos três pontos de amostragem verifica-se, através do gráfico, que as variações tiveram comportamentos semelhantes, com as curvas seguindo o ciclo climático dioturno da superfície terrestre.

Nota-se que praticamente não há atraso na assimilação da condição climática do exterior entre os pontos, o que demonstra que a caverna apresenta alto fluxo energético, com ventilação e escoamento das águas do rio Maximiano.

Verifica-se, além das oscilações cíclicas entre o dia e a noite, que há outras poucas variações ainda menores e não cíclicas dentro dos períodos. Estas ocorrem devido à circulação do ar e ocorrência de ventos, além da influência, durante o dia, da nebulosidade sobre a incidência da radiação solar na superfície terrestre.

Pelo gráfico pode ser visto que as oscilações no Ponto Jusante foram mais tênues que nos outros dois pontos, o que pode ser explicado pela sua maior distância das entradas da caverna, e por isso sob menor influência da incidência da radiação solar.

Observa-se que as temperaturas do ar no ponto jusante foram sempre superiores ou iguais às registradas no Ponto Meio da Galeria que, por sua vez, foram superiores à entrada.

A primeira hipótese que pode justificar tais resultados é de que, devido à época do ano, de transição do período mais quente para o mais frio, e a tendência da temperatura no interior da caverna manter a média anual, com poucas variações, o interior da caverna fica mais quente do que o exterior. Entretanto, a caverna Água Sumida não é extensa e apresenta alto fluxo de ar e de água em seu interior, havendo grande troca de energia, conforme verificado em campo.

Outra hipótese, mais plausível, é de que tanto o ar quanto a água (rio Maximiano) que adentram na caverna, sofrem turbulência pela existência de obstáculos e estreitamentos (para circulação de ar) e de trechos declivosos e com blocos no leito do rio Maximiano, formando diversas corredeiras. Deste modo, há o aquecimento do ar e da água ao longo do percurso no interior da cavidade.

No interior da caverna, quando da realização dos estudos em campo, foi notado que o sentido de ventilação também é de montante para jusante, assim como o fluxo do rio. Estes aspectos descritos poderiam causar a elevação de 0,73°C entre os pontos Entrada e Jusante.

Deve ser destacado que para confirmação desta hipótese, seria necessária maior amostragem de dados e em outras épocas do ano, assim como medições de temperatura da água do rio Maximiano e de direção e intensidade da ventilação na cavidade por meio de anemógrafo.

O gráfico da temperatura do ar revela ainda que nos três pontos, ocorre permanência de temperaturas elevadas ou até a máxima diária durante o final da tarde, entre 17:00 e 18:00 h. Isto acontece em função da entrada de montante da caverna e o cânion que a antecede serem orientados para noroeste, o que faz com que durante a tarde, a incidência de radiação solar seja maior tanto no vale do rio Maximiano, como no interior da caverna, em seu trecho de montante.

A Figura 277 mostra as variações da umidade relativa do ar na caverna Água Sumida.

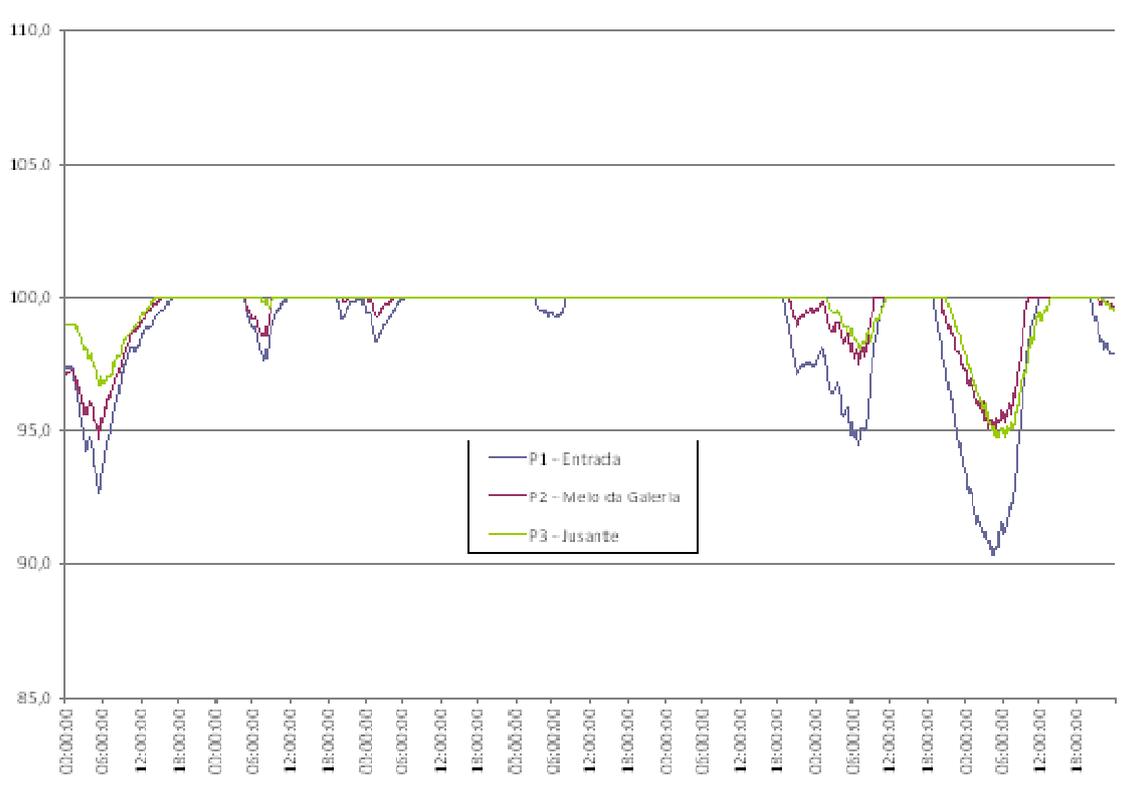


Figura 277. Variação da umidade relativa do ar (%) na caverna Água Sumida

Na maior parte do tempo, o ar encontrou-se saturado nos três locais de coleta, inclusive na entrada da caverna. No meio subterrâneo, a umidade do ar tende a saturação devido à baixa incidência de radiação solar, a proteção do ambiente pelo capeamento rochoso, ao gotejamento dos espeleotemas e à própria umidade do subsolo.

As curvas de variações dos três pontos de medição da umidade relativa também variaram seguindo comportamentos semelhantes. As oscilações que ocorreram foram nos períodos da noite e madrugada. Quando chega o período diurno a UR aumenta. Durante a tarde, registrou-se sempre 100%.

Confrontando-se estes dados com os de temperatura do ar, pode-se tentar entender a razão da queda da umidade relativa do ar, justamente, nos períodos mais frios do dia, uma vez que para uma mesma quantidade de umidade no ar, quanto menor a temperatura, maior a umidade relativa do ar.

Devido à alta declividade encontrada no vale e leito do rio Maximiano e a conformação da entrada da caverna Água Sumida em espécie de cânion forma-se um corredor para circulação do ar direcionado para a entrada de montante da cavidade.

A hipótese é de que durante determinadas noites possa ocorrer inversão térmica na sub-bacia de drenagem do rio Maximiano, provocando a descendência de ar mais frio (denso) pelas vertentes, sendo este acumulado e escoado pelo fundo do vale até a caverna Água Sumida, causando aumento da velocidade do vento no interior desta. Com a maior ventilação, a umidade relativa do ar tenderia a diminuir.

No gráfico de temperatura do ar são encontradas pequenas oscilações que podem corroborar para a hipótese de ocorrência de ventos de maior velocidade no interior da cavidade durante a noite.

Novamente para confirmação desta hipótese, seria necessário dados de anemógrafo.

Para a umidade relativa do ar, verifica-se que há um atraso das alterações no interior da caverna em relação à entrada. Além disso, a amplitude das variações é menor, quanto mais para jusante, provavelmente devido à direção da circulação do ar, de montante para jusante, no interior desta.

Em relação à interferência da visita humana sobre o microclima da caverna Água Sumida, não foram possíveis verificações empíricas, pois durante o período amostrado apresentado não ocorreram visitas, segundo os registros da administração do núcleo Caboclos do PETAR.

Quando da instalação dos equipamentos, simulou-se visita da caverna com a permanência de quatro pessoas durante 30 minutos no interior da caverna. Não foram detectadas alterações decorrentes desta visita.

Deve ser mencionado que o período imediatamente posterior da instalação dos equipamentos é ainda de estabilização e climatização do aparelho ao ambiente. Além disso, quatro pessoas em relação ao porte desta caverna é muito pouco para qualquer detecção de alteração. Mas, a partir das características físicas desta cavidade e dos dados amostrados, entende-se que o ambiente desta apresenta baixíssima suscetibilidade a alterações microclimáticas decorrentes de visita humana, pois apresenta alta troca e fluxo de energia em seu interior.

O gráfico a seguir (Figura 278) apresenta o perfil térmico e o perfil de concentração de gás carbônico na caverna Água Sumida, obtidos através de medições na tarde do dia 23 de abril de 2009.

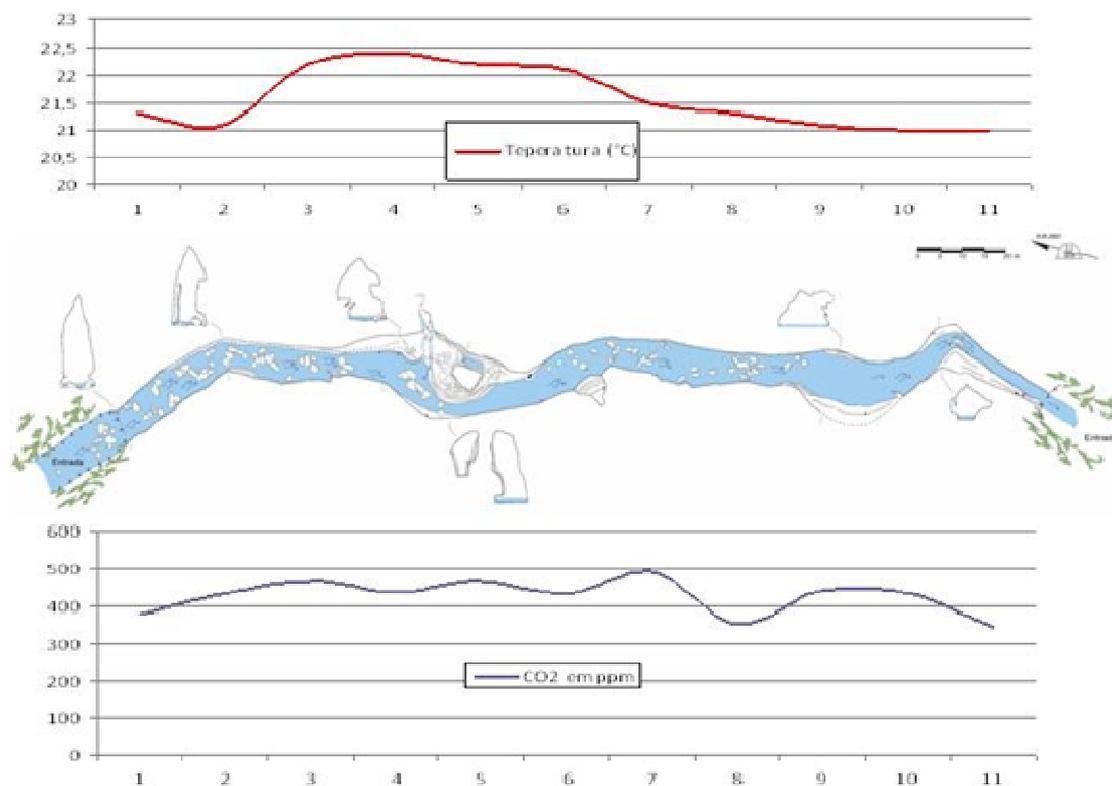


Figura 278. Perfil térmico e de CO₂ da caverna Água Sumida

De acordo com o perfil térmico obtido por leitura visual diretamente em termômetro, há um aumento da temperatura do ar no trecho central e mais próximo à entrada de montante da cavidade.

Este perfil não coincide com os dados dos sensores termohigrômetros, onde a temperatura é menor na entrada e aumenta em direção a jusante, sendo que os dados destes são mais confiáveis e devem ser utilizados como referência.

Sobre o perfil de CO₂, o valor mínimo foi de 351ppm e o máximo de 492ppm, denotando uma amplitude baixa, de 146 ppm.

Houve baixa variação, que se deve, possivelmente, em função da conformação desta cavidade, sendo bastante homogênea e de alto fluxo de energia.

Durante a coleta de dados não foram encontradas diferenças significativas nas leituras realizadas com ausência ou presença de três pessoas à distância média de 2,5 m do sensor.

Considerando-se os dados e o exposto no presente estudo, entende-se que a visitação turística desta cavidade, mesmo por grupos formados por grande número de pessoas, não deve provocar alterações significativas na atmosfera desta caverna. A fragilidade do microclima pode ser observado na Figura 279.

Caverna Água Sumida

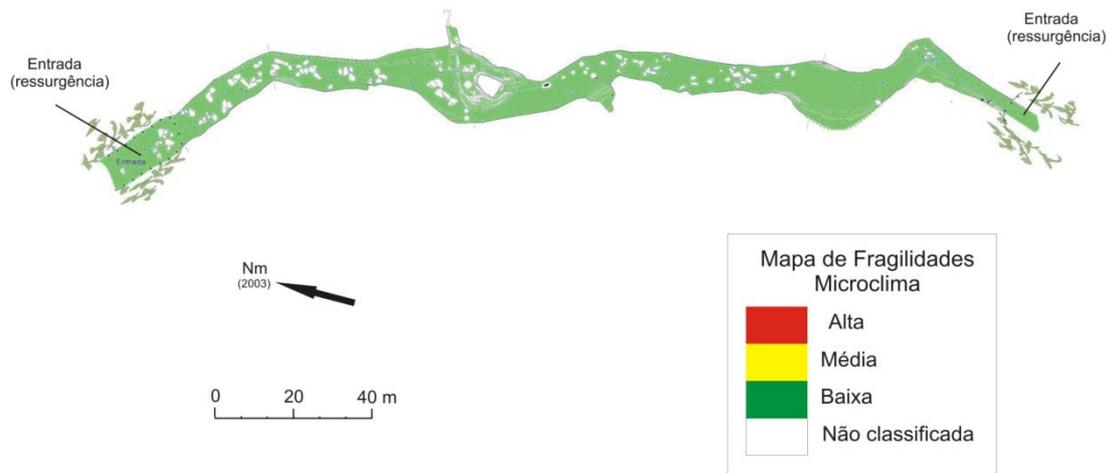


Figura 279. Fragilidade do microclima da caverna Água Sumida

4.2.17.3. Fauna cavernícola

Fauna aquática

O trecho estudado do rio subterrâneo é composto por substrato de areia, seixos, matacões e rocha. A margem composta somente por rocha, já que o rio é encaixado no conduto, com blocos desmoronados. A correnteza é elevada, com vários trechos encachoeirados. A profundidade varia entre 0,1 e 0,5 m, com poções intercalados, de profundidades maiores. Em relação ao aporte de alimento, observou-se pouco a moderado acúmulo de matéria orgânica, com trechos com grandes acúmulos de folhiço, além do registro de acúmulos de guano de andorinhões que nidificam próximos à entrada da caverna.

Em uma ocasião de coleta (2ª campanha), foram registradas 31 espécies (Anexo 24.5), não havendo estudos anteriores para comparação. Podemos considerar esta localidade como rica faunisticamente, comparando-se com as outras cavernas aqui estudadas. Foram observados vários grupos com abundâncias elevadas (≥ 15 inds.): Ephemeroptera (família Leptohyphidae), Coleoptera (família Elmidae), Diptera (famílias Chironomidae, Simuliidae e Brachycera) e Trichoptera (família Philopotamidae). Também foram registrados grupos bons indicadores de qualidade ambiental: Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera, Odonata, Megaloptera e Amphipoda. Cabe ressaltar aqui o registro de uma espécie de cascudo (dois indivíduos), os quais foram encontrados em um riacho superior da caverna e em um poção formado pelo rio principal (nível de base). Esta espécie ainda está em fase de identificação, mas, observou-se redução de pigmentação nos dois indivíduos e olhos afundados na pele. Para confirmação do *status* de troglóbio, um estudo mais detalhado deve ser conduzido, além da coleta de mais exemplares. Esta caverna é intacta em relação a impactos e deve ser mantida como controle para estudos futuros.

Fauna Terrestre

Cavidade em forma de túnel, com duas aberturas opostas e rio atravessando todo o percurso, com entrada principal (ampla) localizada à montante do rio. Há um pequeno patamar superior com área de sedimento fino muito úmido, onde foi realizada a maior parte da coleta de invertebrados terrestres. Assim como as cavidades anteriores, também esta foi visitada apenas na campanha de setembro.

Como recursos tróficos foram observadas fezes secas de lontra em três localidades do patamar superior e duas fezes frescas de vertebrados indeterminados na galeria do rio, ambas com grandes penas (Figura 280).



Figura 280. Fezes frescas de vertebrado na caverna Água Sumida

Foram observados seis grilos *S. brevipennis*, três aranhas *C. fasciatus* (uma jovem), cinco *Loxosceles* sp., dois opiliões *S. spelaum*, quatro *Z. travassosi* (duas ninfas e dois adultos) e aproximadamente sete larvas de díptero Keroplatinae penduradas na linha d'água. A lista de táxon registrados para a caverna pode ser observada no Anexo 24.6.

Analisando-se a lista de espécies da caverna Água Sumida verifica-se a presença de 31 morfoespécies de invertebrados e duas de vertebrados (detectada a partir de vestígios – total de 33 registros). Não há registros de fauna para a cavidade em literatura. Apenas uma espécie encontrada apresenta troglomorfismos (ausência de olhos e pigmentação).

A cavidade foi classificada como de baixa fragilidade para fauna terrestre.

Fragilidade do meio biótico

A fragilidade do meio biótico pode ser observada na Figura 281.

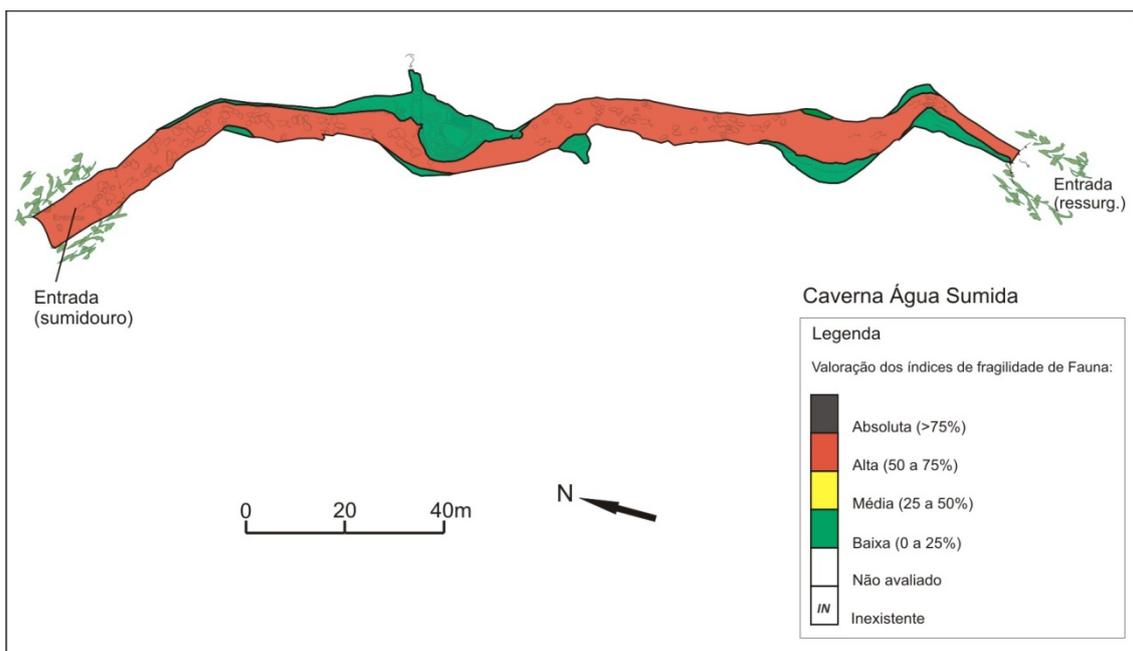


Figura 28I. Fragilidade do meio biótico da caverna Água Sumida

4.2.17.4. Fungos e outros patógenos

Foi coletada uma amostra em mancha de guano e encaminhada para análise laboratorial para verificação da presença do agente patógeno. A Tabela 95 apresenta de forma resumida as características da amostra coletada na caverna Água Sumida.

Tabela 95. Caracterização da amostras coletadas

Amostra	Característica da amostra	Local	Resultado
Nº 33	Úmida, negra, está em uma rocha com água corrente do rio ao seu redor, não foram encontrados indivíduos sobrevoando o ponto. Local com iluminação durante o dia, com temperatura de 17,4°C e 99% de umidade, mancha nas dimensões 1,30x1,20 m.	Entrada do lado direito.	■

O resultado laboratorial não indicou a presença do fungo *Histoplasma capsulatum* var. *capsulatum*, causador da histoplasmose, na amostra coletada. Contudo a ocorrência deste agente patógeno no ambiente cavernícola tem forte vínculo com as populações de quirópteros que podem não ser fixas a uma única caverna. Assim, o resultado negativo para a amostra, não permitem afirmar que todo o ambiente da caverna esteja livre da presença deste fungo e, por isso, análises periódicas devem ser feitas a fim de monitorar a ocorrência deste patógeno.

4.2.17.5. Patrimônio histórico, cultural e arqueológico

A caverna Água Sumida, não apresenta registros arqueológicos em literatura, e suas características a configuram como um ambiente pouco favorável a ocupação humana pretérita. A Tabela 96, abaixo, resume os registros encontrados para esta caverna.

Tabela 96. Registros arqueológicos da caverna Água Sumida

Agrupamento 9	Bibliografia ¹	Prospecção ²	CVA ³	SVABP ⁴	SVARP ⁵
Caverna Água Sumida					X

¹ Dispõe de conhecimento arqueológico registrado em bibliografia.

² Cavernas para as quais não foram encontrados registros arqueológicos bibliográficos (nenhum ou insuficiente) exigindo o trabalho de prospecção.

³ Cavidades com vestígios arqueológicos (CVA)

* vestígios arqueológicos identificados pela pesquisa dos PMEs

** cavernas para as quais já se contava com informação de vestígios arqueológicos ou culturais

⁴ Cavidade sem vestígios arqueológicos e com bom potencial arqueológico

⁵ Cavidade sem vestígios arqueológicos e com restrito potencial arqueológico

A caverna Água Sumida está situada no vale do rio Maximiano, mesmo formador da caverna Casa de Pedra. A entrada é feita pela ressurgência do rio, onde tem-se um grande cânion. Nas margens do rio observamos mata preservada. A região é muito preservada, mas durante a trilha observou-se a presença de palmitos cortados. A entrada da caverna é formada pela ressurgência do rio, sendo molhada e sem área seca favorável para ocupação humana.

4.2.17.6. Uso público

A caverna é quase que um túnel retilíneo percorrido pelo rio Espírito Santo, que em muitos trechos corre sobre o leito rochoso limpo da rocha encaixante.

Exceto a trilha de acesso, essa caverna não possui qualquer outro equipamento facilitador de visitação.

- Toponímia: O nome da caverna – Água Sumida – foi nomeado por moradores locais pelo fato de o rio sumir dentro da rocha, na base de ampla entrada.
- Descritivo do atual circuito de visitação: circuito fechado (entrada e saída pela mesma boca) sem ramificações. O caminhamento, com cerca de 200 m, se dá pelo sumidouro do rio Espírito Santo.
- Pontos interpretativos:
 - 1ª parada - Ao sair da trilha, dentro do rio Maximiano: indicação da boca da gruta na margem esquerda do rio; informações sobre os cuidados que se deve ter; pequenas entradas existentes no paredão faziam parte da caverna.
 - 2ª parada - Escorrimento com microtravertinos: contemplação da paisagem da entrada que já ficou para trás.
 - 3ª parada - Banco de sedimentos: observação dos espeleotemas no teto e parede da caverna.
 - 4ª parada - Boca de saída: iniciar o retorno.

O percurso de caminhamento proposto para a caverna Água Sumida pode ser observado na Figura 282.

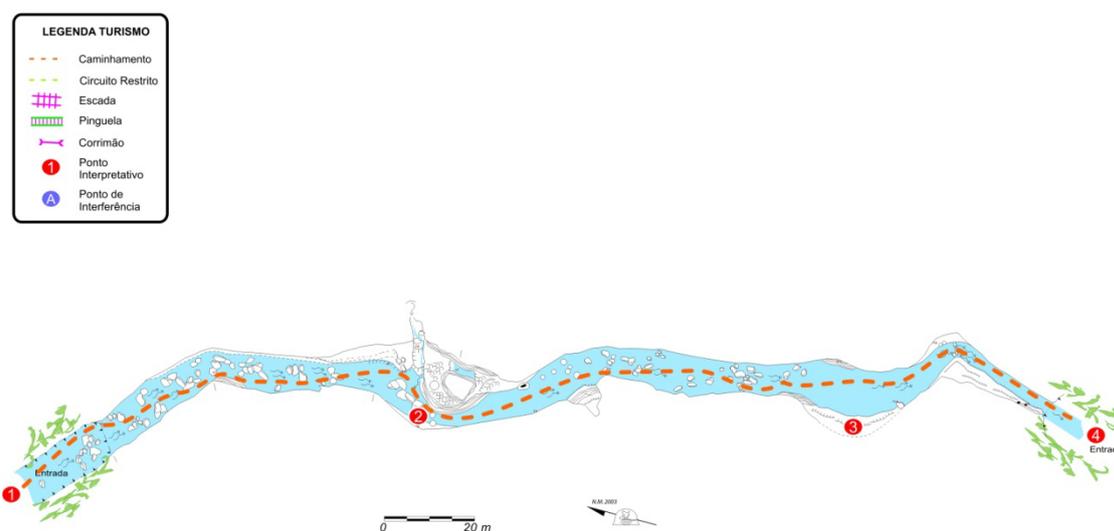


Figura 282. Caverna Água Sumida – caminhamento com os pontos interpretativos

4.2.17.7. Síntese das recomendações para o zoneamento ambiental espeleológico

Para o ZAE da caverna Água Sumida, os seguintes aspectos foram pontuados pelos coordenadores de diagnósticos temáticos:

Meio Físico: A caverna conforma um cânion vadoso, de baixa fragilidade. Apresenta ainda painelas, scallops, intrusão de rocha básica (diorito) e poucos espeleotemas. Devido à força da água que corta a caverna pelo rio, a presença de sedimentos é quase inexistente.

Microclima: O clima desta cavidade está diretamente relacionado ao clima do ambiente externo.

Espeleobiologia: A fauna aquática nesta caverna é bastante rica e interessante, e a qualidade da água é muito boa. A restrição a visitação nesta caverna tange o pisoteio do ambiente aquático, desse modo a prática de snorkeling e floating podem elevar a capacidade de suporte de visitação, uma vez que o leito do rio não será mais pisoteado.

Turismo: A visitação ideal desta caverna é por sua travessia, do sumidouro para a resurgência da cavidade. Para tanto é necessário reabrir a trilha que existia na saída da caverna, evitando assim o retorno da visitação pelo mesmo percurso. A caverna tem potencial para as práticas de snorkeling e floating (com bóias).

Estas recomendações são sintetizadas por meio das fragilidades integradas – máximas e ponderadas –, apresentadas na Figura 283.

A riqueza da fauna aquática elevou o nível de fragilidade do rio, deixando-a alta na representação das fragilidades máximas. Este trecho se dilui na fragilidade ponderada, se enquadrando no estrato de média fragilidade. As partes secas da caverna são de baixa fragilidade.

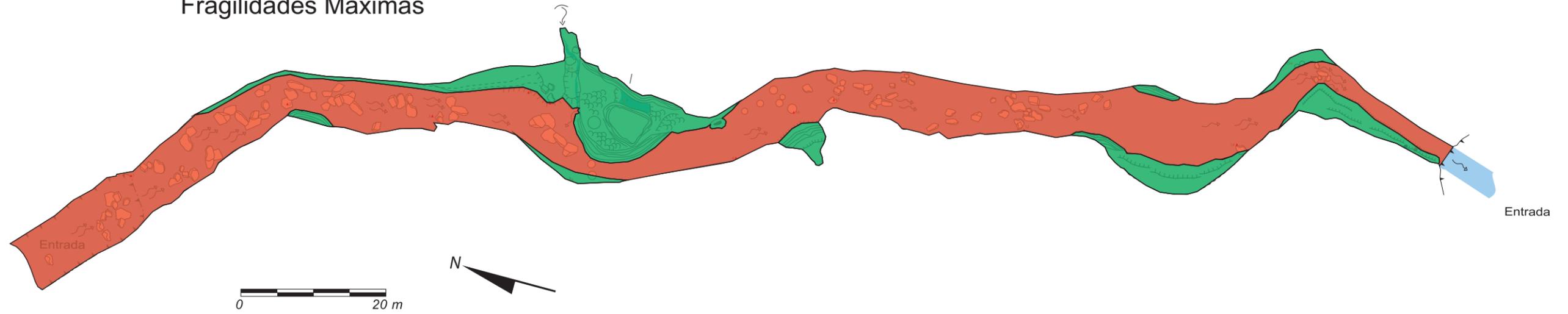
4.2.17.8. Zoneamento Ambiental Espeleológico

O ZAE da caverna Água Sumida é apresentado na Figura 284 e descrito na Tabela 97.

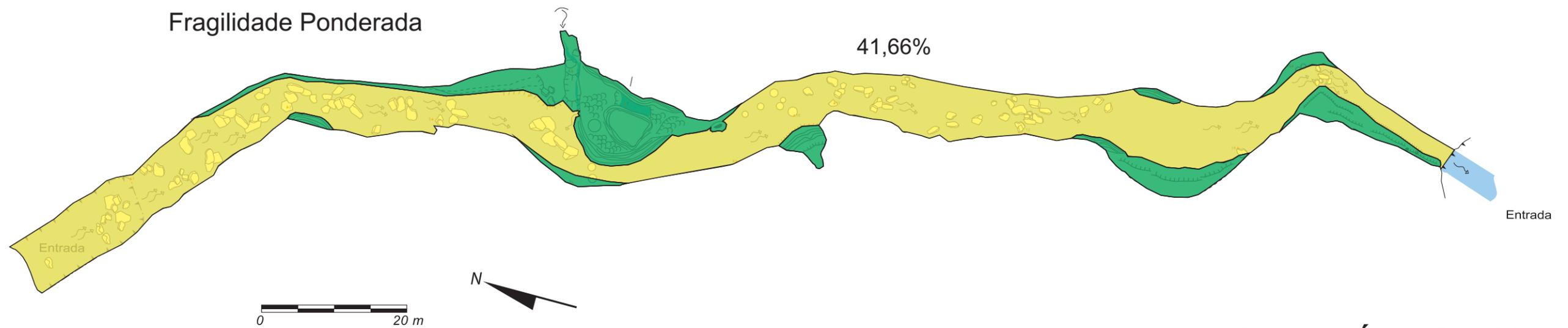
Tabela 97. Descrição geral do ZAE da caverna Água Sumida

Zona	Descrição da Área	Uso Permitido	Uso Não-permitido	Recomendações específicas
AI	Projeção da caverna em superfície e um entorno de 250m ao seu redor.	Uso indireto dos recursos naturais.	Uso direto dos recursos naturais.	Delimitar a área de influência a partir da abrangência de sua bacia hidrográfica
ZP	A maior parte das galerias e salões da caverna.	<ul style="list-style-type: none">▪ Pesquisa▪ Espeleologia▪ Espeleoturismo de escala restrita e baixa▪ Iniciação espeleológica▪ Fiscalização.	Espeleoturismo de média e larga escala.	A delimitação do circuito é indicativa, pois uma faixa de dispersão na água é tolerável, dado que se tratam de grupos pequenos.

Fragilidades Máximas



Fragilidade Ponderada



Caverna Água Sumida

Legenda

Valoração dos índices de fragilidade:

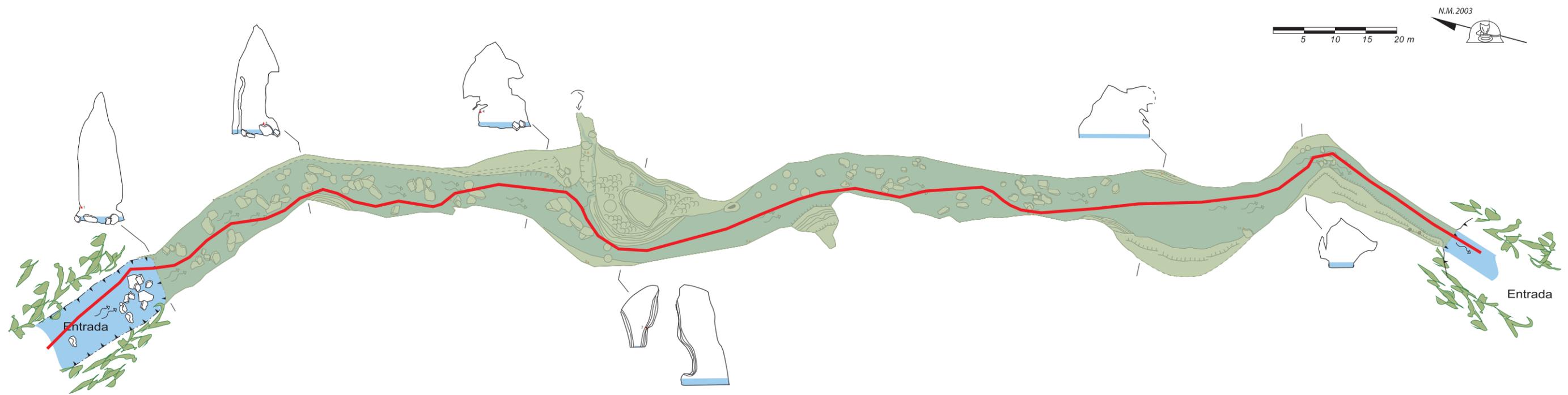
- Absoluta (>75%)
- Alta (50 a 75%)
- Média (25 a 50%)
- Baixa (0 a 25%)

IN Inexistente

NA Não avaliado

Caverna Água Sumida

Zoneamento Ambiental Espeleológico



Legenda ZAE

-  Delimitação do caminhamento
-  Zona Primitiva (ZP)

4.2.18. Gruta do Espírito Santo

FICHA TÉCNICA DA GRUTA DO ESPÍRITO SANTO	
Nome Oficial e Usual: Gruta do Espírito Santo	Dados cadastrais: CNC-SBE nº SP-072
Localização: PETAR/Núcleo Caboclos Município: Iporanga, SP Bacia Hidrográfica: Bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, sub-bacia do rio Iporanga, córrego do Espírito Santo Litologia: calcário	Coordenada geográfica da entrada Latitude: 24°26'38,6" S Longitude: 48°36'59,6" W Altitude: 617 m Datum: WGS 1984 (satélites: 4, erro: 19 m)
Desenvolvimento: 250 m de extensão (Projeção Horizontal - Descontínua) Desnível: 7 m	Topografia: <ul style="list-style-type: none"> ▪ EGRIC, 1987 - BCRA grau 4C
Acesso: A partir da Sede do Núcleo são 5,3 km de distância por estrada de terra (800 m apenas com veículo 4 x 4), com 50 metros percorridos a pé. A estrada liga a caverna do Espírito Santo e um paredão calcário deixado pela mineradora Pelizari (mina desativada) à Sede do Núcleo	
HISTÓRICO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Explorações espeleológicas nos anos 1960, com destaque para exploração e topografia de Saulo Zucchelli, em 1968, que desobstruiu uma passagem de 30 cm à picareta, para continuar a exploração. A cavidade foi mapeada pelo Espeleo Grupo de Rio Claro, em 1987 e está em fase de remapeamento pela União Paulista de Espeleologia ▪ No início dos anos de 1980 o Parque foi efetivamente implantado e começou a receber uma visitação mais regular, com aumento significativo a partir da segunda metade dos anos 1990. A cavidade se localiza no Núcleo Caboclos, ainda com pouca visitação
ATRATIVOS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espeleotemas de formas diversas ▪ Clarabóia no final do conduto ▪ Depósito paleontológico preservado em parede da cavidade ▪ Passagens estreitas (rastejamento)
MEIO FÍSICO	Hidrologia: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pequeno córrego subterrâneo Depósitos clásticos e fossilíferos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Depósitos sedimentares, também ocorrendo areia grossa e seixos na porção próxima ao rio subterrâneo ▪ Há fragmentos de ossos no topo de um destes depósitos, expostos na parede de um dos salões Espeleotemas: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bastante ornamentada, apresentando estalactites, estalagmites, escorrimentos e travertinos Padrão da rede de condutos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ O alinhamento principal segue a orientação NE/SW, com inflexões NW/SE ▪ Os perfis dos condutos exibem evolução vadosa com perfis de entalhamento ▪ Em algumas porções é possível observar a fase de geração freática
BIODIVERSIDADE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fauna terrestre: 42 morfoespécies de invertebrados e uma de vertebrado, sendo que onze das espécies apresentam troglomorismos (Ordem Palpigradi; Ordem Isopoda: sp.1; aff. Styloniscidae; Família Cyphoderidae: sp.1; Família Entomobryidae: sp.2; Família Isotomidae: sp.1; Família Paronellidae: sp.4; Superfamília Sminthuroidea: sp.1; Ordem Geophilomorpha; Ordem Scolopendromorpha: <i>Cryptops</i> sp.; Família Cryptodesmidae: sp.1)
Observações: Além dos estudos que compõem o PME não há registro de muitos estudos sobre esta caverna	

4.2.18.1. Geoespeleologia

A gruta do Espírito Santo possui este nome por se situar próximo a antiga mina do Espírito Santo. Nos arredores da gruta está localizada uma frente de lavra paralisada de extração de calcário. Apesar de se tratar de área profundamente degradada, é pouco provável que tenha influência sobre a cavidade pois está a jusante desta e não possui cava em posição inferior ao nível freático (Figura 285). O Anexo 25.1 traz o mapa topográfico da cavidade.

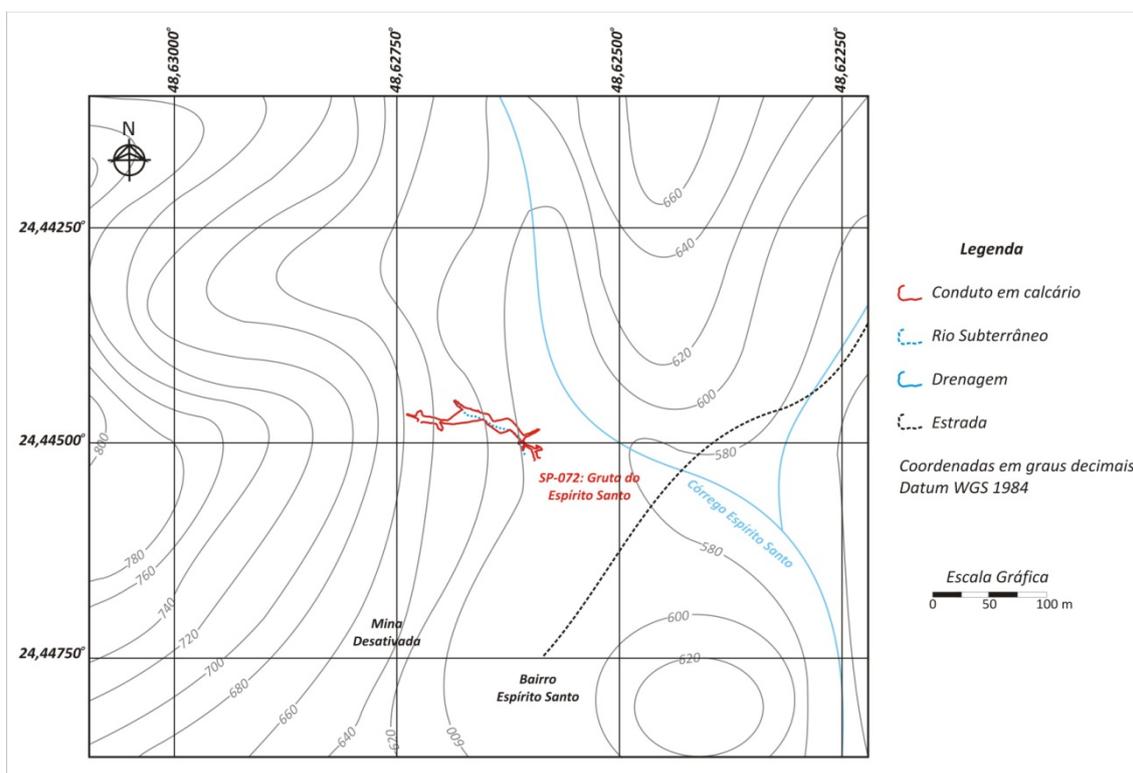


Figura 285. Paisagem subterrânea e topografia do entorno

Além da área degradada da pedreira, localiza-se a estrada no interior de sua AI. Como o tráfego de veículos nesta estrada está suspenso, seu atual traçado não oferece qualquer risco à cavidade.

A entrada à cavidade é realizada através de um pequeno pórtico não maior que uma porta, que rapidamente se afunila a um estreito conduto de morfologia elíptica. Pouco mais a frente este conduto se amplia formando um salão de média dimensão. O teto deste salão está orientado segundo a foliação principal dos calcários, condicionando um plano inclinado onde ocorrem raras estalactites de pequeno porte. O piso da cavidade é forrado por um sedimento argilo-arenoso. Característica das cavernas deste agrupamento, o alinhamento principal da Gruta do Espírito Santo é perpendicular à foliação, orientando-se preferencialmente no sentido NW/SE. Os Anexos 25.2 e 25.3 trazem respectivamente as feições morfológicas indicativas de evolução e as feições geológicas e ocorrências de depósito.

Em algumas porções o teto da cavidade torna-se horizontalizado, sugerindo o deslocamento de blocos como responsável pelo alargamento deste salão – incasão. Também são observados depósitos conglomeráticos calcificados nas paredes deste salão, evidenciando fase de entulhamento anterior da cavidade.

A cavidade é pobre em espeleotemas, sendo observadas restritas estalactites e escorrimentos calcínicos. Uma análise mais detalhada revelou a presença de cristais de gipsita em meio a uma das ocorrências sedimentares da cavidade, exibindo hábito característico e tamanho inferior a 3 cm. Além destas ocorrências a cavidade abriga um depósito fossilífero, que exhibe fragmentos de ossos e uma mandíbula.

O acesso a cavidade não representa grande risco (Figura 286). Talvez o ponto de mais difícil acesso seja o estreitamento localizado logo após a entrada. Na porção final é necessária cautela diante de eventual presença de abelhas e vespas próximas a uma clarabóia, com ocorrência de registro de ataque desses insetos nesse setor da cavidade.

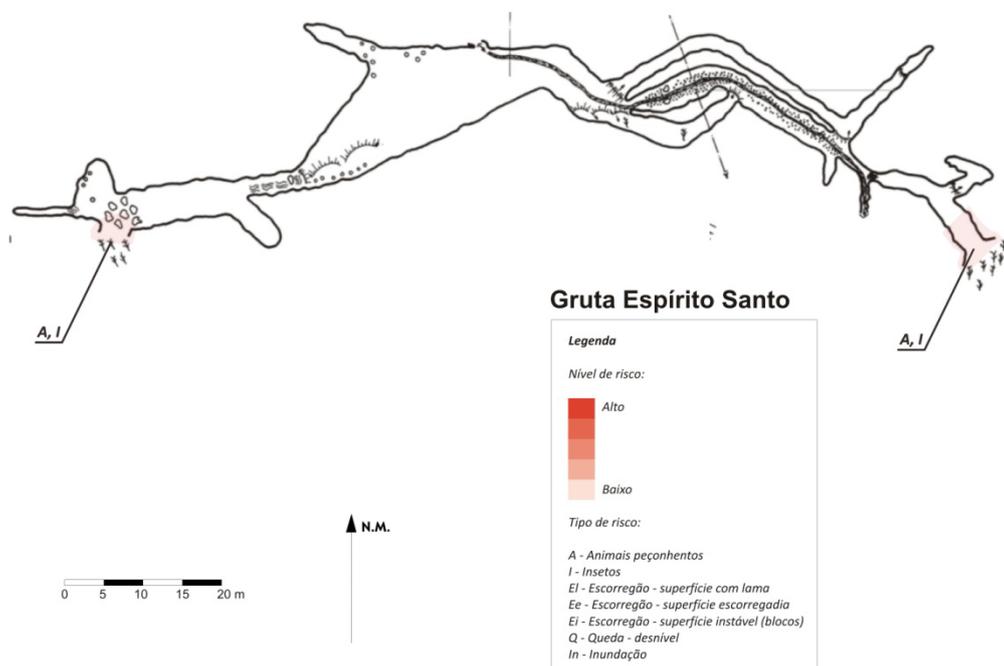
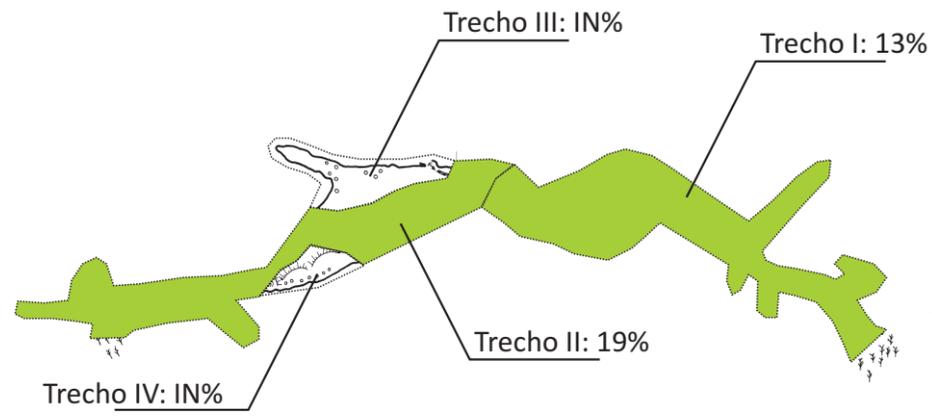


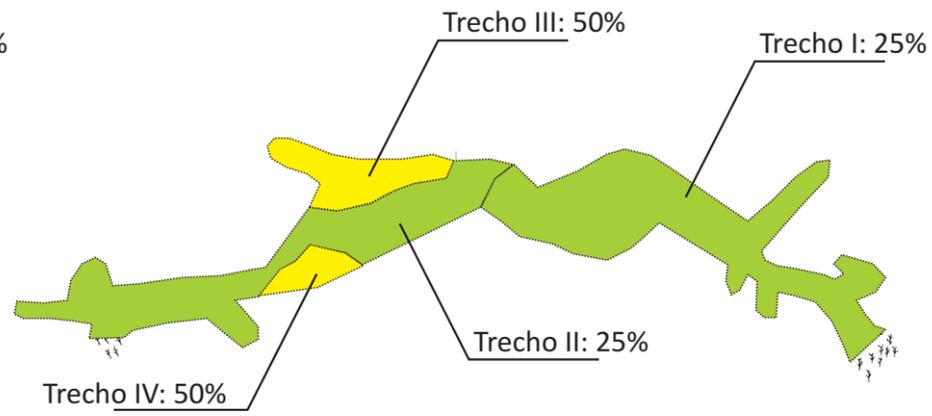
Figura 286. Feições físicas de risco a visitação na cavidade

A fragilidade do meio físico pode ser observada na Figura 287. O Anexo 25.4 traz a classificação da fragilidade da cavidade.

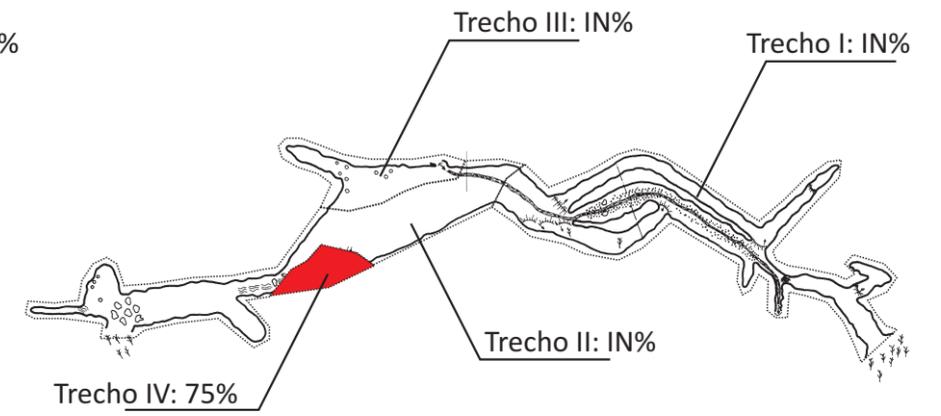
Morfologia



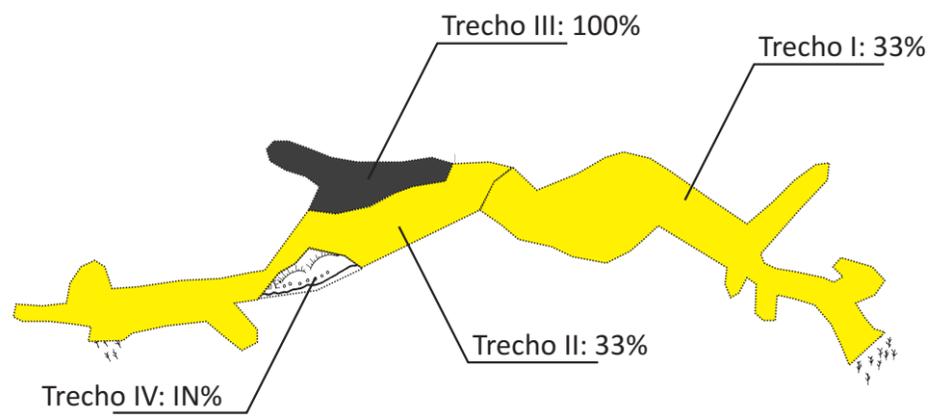
Depósitos Clásticos



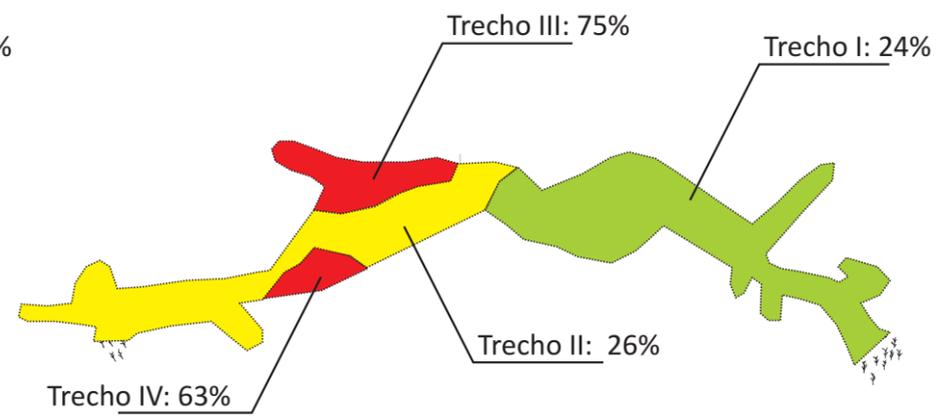
Depósitos paleontológicos ou arqueológicos



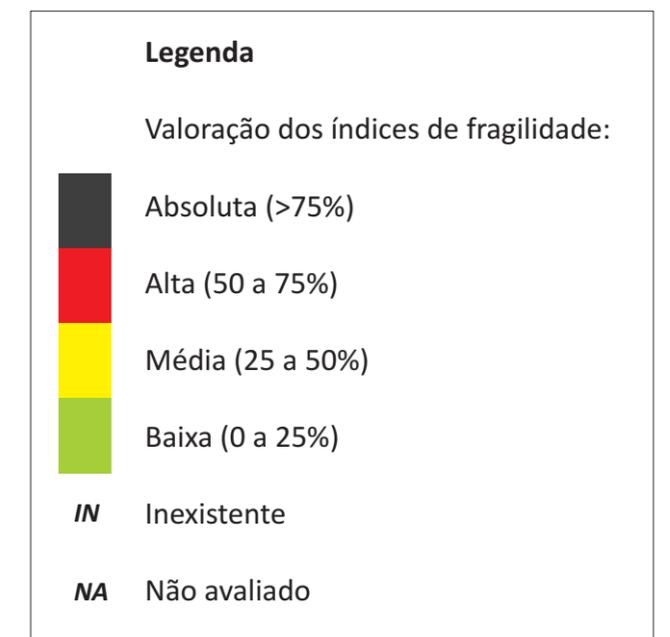
Espeleotemas



Fragilidade Específica



Gruta Espírito Santo



Qualidade da água

Na gruta do Espírito Santo foi realizada uma única coleta em 26/04/2009. Nas demais visitas realizadas ao local, num total de quatro incursões, não se observou a presença de água subterrânea. A Figura 288 apresenta o local das coletas e a Tabela 98 resume os resultados obtidos com os ensaios de laboratório.

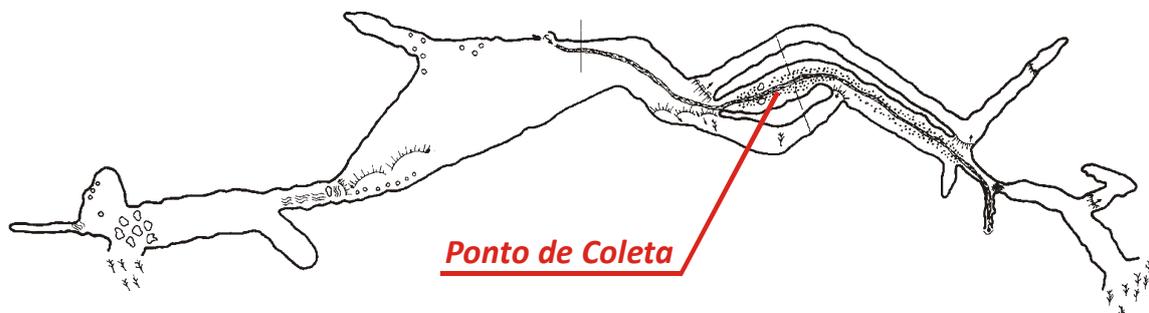


Figura 288. Ponto de coleta de água subterrânea – gruta do Espírito Santo

Os ensaios realizados indicaram que a água subterrânea da gruta do Espírito Santo não é potável em função da presença de coliformes totais, fecais e *Escherichia coli*. Em relação a balneabilidade suas águas são classificadas como próprias de caráter excelente. As taxas de nitratos não evidenciam impacto antrópico.

Tabela 98. Resultados dos ensaios de água subterrânea – gruta do Espírito Santo

Parâmetro Analisado	Unidade	Limite de Detecção	Data da Coleta	Padrão de Comparação
			26/04/2009	
Condições Ambientais	-	-	Sol	-
pH	-	0,01	7,95	-
Temperatura	°C	0,1	19,8	-
Coliformes Fecais	NMP/100mL	1	148	Ausente (1) 250 (2) 200 (3) - (4)
Coliformes Totais	NMP/100mL	100	198630	Ausente (1) - (2) - (3) - (4)
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1	148	Ausente (1) 200 (2) 100 (3) - (4)
Nitrogênio Albuminóide	mg/L	0,15	<0,15	- (1) - (2) - (3) - (4)

Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,1	<0,1	- (1) - (2) 2,0 (3) - (4)
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/L	0,1	1,0	- (1) - (2) - (3) - (4)
Nitrogênio Orgânico	mg/L	0,1	1,00	- (1) - (2) - (3) - (4)
Nitrato	mg/L	0,1	0,6	10 (1) - (2) 10 (3) 10 (4)
Nitrito	mg/L	0,02	<0,02	1 (1) - (2) 1 (3) - (4)

(1) Portaria 518 do MS

(2) CONAMA 274, Própria, Excelente

(3) CONAMA 357, Classe I, pH entre 7,5 e 8,0

(4) CETESB Decisão de Diretoria 195-2005-E

4.2.18.2. Microclimatologia

A gruta do Espírito Santo apresenta dimensões reduzidas, com pouco mais de 100m de desenvolvimento linear e 7 m de desnível. Em parte de seu interior corre pequena drenagem. Apresenta duas entradas que se localizam em suas duas extremidades opostas.

Suas galerias têm largura e altura variáveis, com alguns trechos bastante estreitos e de passagem dificultada.

Os trabalhos de campo para coleta de dados nesta cavidade foram realizados entre os dias 21 e 28 de março de 2009, datas em que os termohigrômetros foram instalados e retirados, respectivamente.

A Figura 289 ilustra os locais onde foram localizados os três aparelhos utilizados para o registro da temperatura e umidade relativa do ar.

O primeiro termohigrômetro foi instalado na entrada da gruta. No local ocorre maior circulação de ar e entrada de luz (radiação difusa) em relação ao restante do ambiente cavernícola. Este ponto de instalação do sensor foi denominado *Ponto 1 – Entrada (P1)*.

O segundo equipamento foi instalado no salão principal da gruta, em local mais ornamentado e um dos pontos de maior atração da visitação da cavidade. Este ponto foi chamado de *2 – Salão Visitável (P2)*.

O terceiro sensor foi instalado em plataforma de um duto secundário, que é acanhado e normalmente não visitado por turistas. Este ponto foi nomeado de *3 – Área não visitável (P3)*.

A Tabela 99 apresenta alguns parâmetros estatísticos (média, máximo e mínimo valor, amplitude, moda, mediana, variância e desvio padrão) dos dados de temperatura e umidade relativa do ar obtidos nos três pontos de análise.

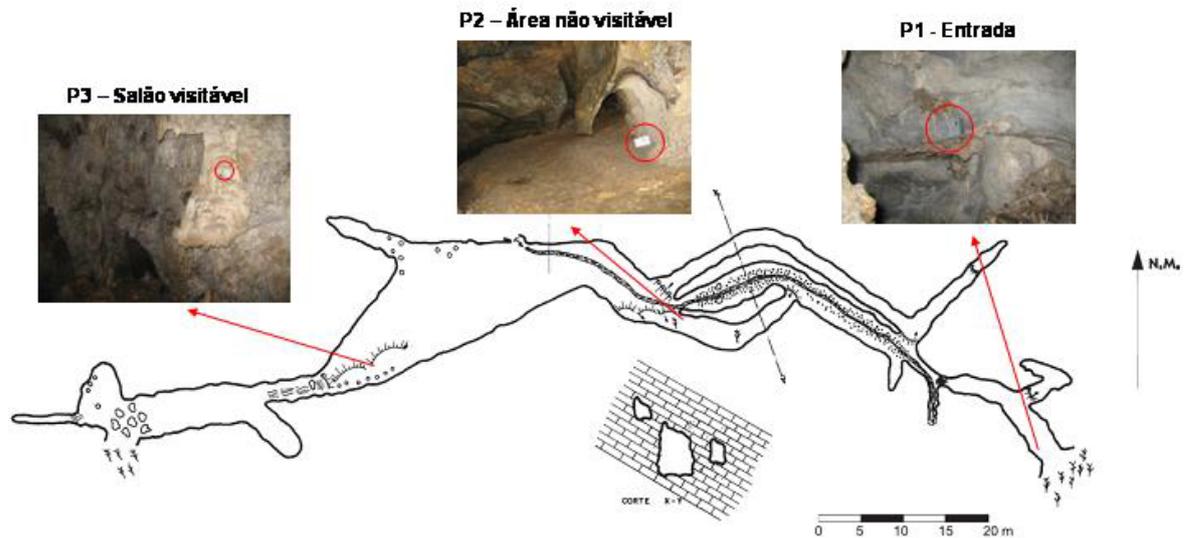


Figura 289. Localização dos termohigrômetros na gruta do Espírito Santo

Tabela 99. Parâmetros estatísticos da temperatura e UR do ar da gruta do Espírito Santo

	Temperatura do ar (°C)			Umidade relativa do ar (%)		
	PI - Entrada	P2 - Salão Visitável	P3 - Área não Visitável	PI - Entrada	P2 - Salão Visitável	P3 - Área não Visitável
Média	18,71	18,16	17,62	99,66	99,91	99,88
Máximo	19,50	21,10	21,80	100,00	100,00	100,00
Mínimo	18,00	18,00	17,50	91,30	87,60	75,10
Amplitude	1,50	3,10	4,30	8,70	12,40	24,90
Moda	18,80	18,10	17,60	100,00	100,00	100,00
Mediana	18,70	18,20	17,60	100,00	100,00	100,00
Variância	0,04	0,01	0,02	0,86	0,46	1,09
Desvio padrão	0,21	0,12	0,14	0,93	0,68	1,04

A média das temperaturas no período de estudo foi de 18,71°C na entrada da caverna, 17,62°C no salão não visitável e 18,16°C na área com visitação.

A área não visitável, entre os três locais onde foram instalados os termohigrômetros, é a mais distante das entradas, sendo a que apresentou menor temperatura média, seguindo a tendência de que quanto mais distante das entradas, menor é a temperatura média no interior da cavidade.

As temperaturas mais elevadas da área não visitável (21,80°C) e do salão visitável (21,10°C), que foram locados em zonas afóticas da cavidade, ocorreram quando os aparelhos estavam ainda em fase de estabilização, quando foram instalados, e durante a retirada, quando já em posse da equipe técnica. Por estes motivos apresentaram maior amplitude que a entrada. Mas durante todo o

restante do tempo, apresentaram poucas variações de temperatura, o que é evidenciado pela variância e desvio padrão inferiores ao da entrada. O gráfico que representa a variação de temperatura nos três pontos estudados, durante o período de uma semana (Figura 290) também mostra este aspecto.

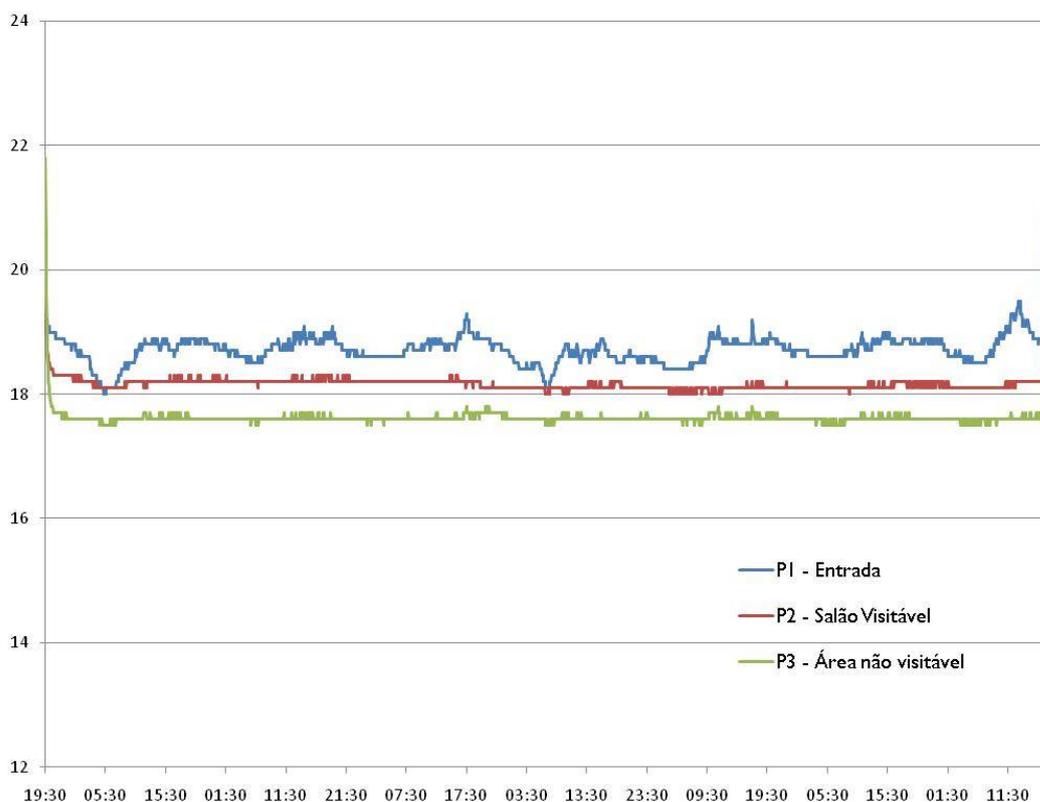


Figura 290. Variação da temperatura do ar (°C) na gruta do Espírito Santo

A moda e a mediana das amostras para a temperatura apresentaram valores muito próximos entre si e à média. Isso indica que não houve muitas flutuações ambientais no período analisado, o que pode ser comprovado pelos baixos valores de variância e desvio padrão em todos os locais.

A umidade relativa do ar apresenta médias muito próximas a 100% nos três pontos estudados. A moda e a mediana das amostras estiveram sempre em 100%. Assim, em todos os locais analisados, o ar encontrou-se saturado na maior parte do tempo, demonstrando a elevada umidade do ambiente subterrâneo.

A mínima umidade foi de 75,1%, registrada no salão não visitável, resultando em amplitudes próximas a 25%. O elevado gradiente neste ponto e no salão visitável ocorreu no primeiro dia de coleta de dados, quando os higrômetros ainda estavam se aclimatando no ambiente subterrâneo.

Nota-se que na entrada da caverna são encontradas as maiores variações térmicas. A temperatura do ar acompanha o ciclo dioturno devido à interface com o ambiente externo e influência deste. Destaca-se que as variações diárias foram de pequenas amplitudes, em geral da ordem de 0,5°C, e sempre inferiores a 1,5° C, o que pode ser explicado pela entrada da gruta ter abertura relativamente pequena e que impede a incidência de radiação solar direta no interior dela. Verifica-se, além das oscilações cíclicas entre o dia e a noite, que há outras variações ainda menores e não

cíclicas dentro dos períodos. Estas ocorrem devido à circulação do ar e ocorrência de ventos, além da influência, durante o dia, da nebulosidade sobre a incidência da radiação solar na superfície terrestre.

Observando-se a Figura 290, nota-se que na área não visitável e no salão visitável a temperatura apresenta alternância entre o dia e a noite, porém com atrasos na assimilação do tempo exterior e amplitude térmica pequena, igual ou inferior a $0,3^{\circ}\text{C}$ ao longo dos dias. Tratam-se de áreas da cavidade com pouca troca de energia e, com grande estabilidade térmica. Isso ocorre porque estes pontos estão em uma zona afótica e a configuração da gruta do Espírito Santo, com pequenas entradas e existência de corredores estreitos, desfavorece a circulação de ar em seu interior.

Outro fator relevante é a ausência de drenagem com vazão significativa. A pequena drenagem existente se configura como um fio d'água.

A Figura 291 mostra as variações da umidade relativa do ar na gruta do Espírito Santo.

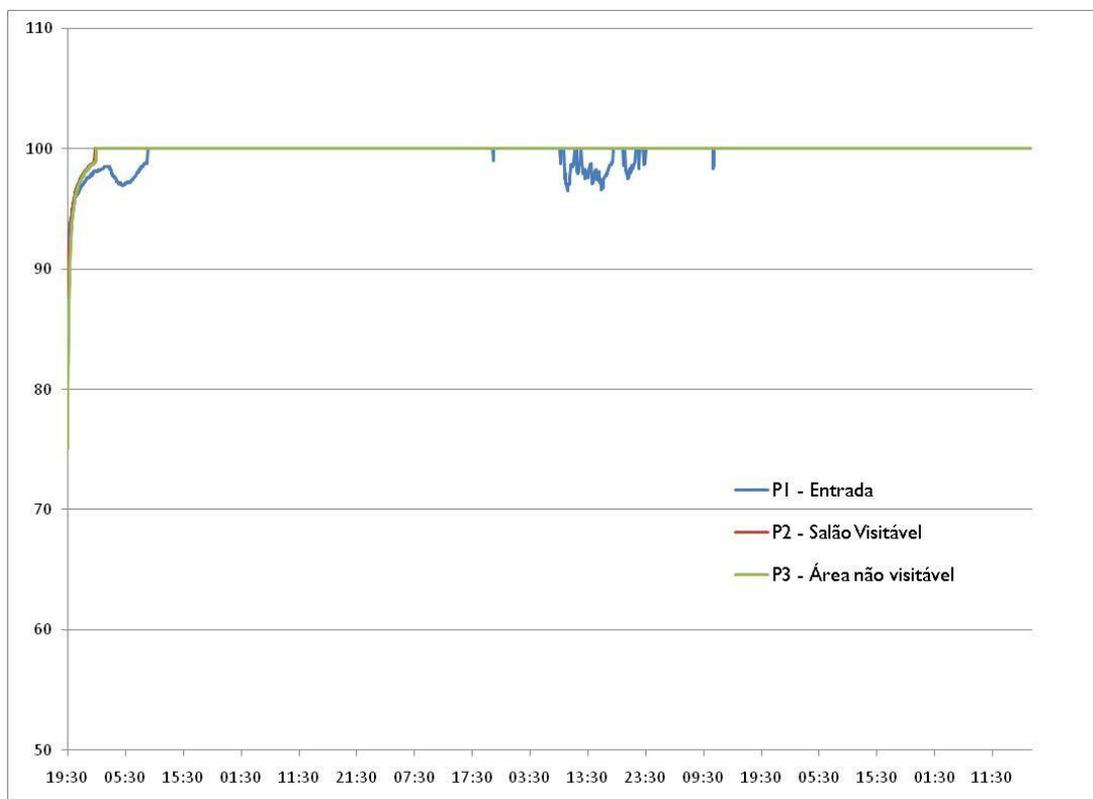


Figura 291. Variação da umidade relativa do ar (%) na gruta do Espírito Santo

As variações dos valores de umidade relativa do ar registrados na área não visitável e galeria visitável ocorreram apenas durante as primeiras 4 horas em que foram instaladas na gruta do Espírito Santo, apresentando elevação dos valores até quando estes atingiram 100% e continuaram com o valor de saturação até o final do período de coleta de amostras. Demonstra-se, portanto, que nestes locais o ar está sempre saturado em umidade, pois as primeiras horas foram de estabilização dos aparelhos em relação ao ambiente e podem ser desconsideradas.

Na entrada, os valores oscilaram e demoraram mais para atingir os 100%, o que ocorreu após cerca de 13 h da instalação. Depois os registros mostram estabilização em 100%. Ocorreram novas variações da UR apenas nos dias 25 e 26/03, mas sempre os valores foram superiores 96,5%.

No meio subterrâneo, a umidade do ar tende a saturação devido à baixa incidência de radiação solar, a proteção do ambiente pelo capeamento rochoso, ao gotejamento dos espeleotemas e à própria umidade do subsolo. No caso da gruta do Espírito Santo, o clima úmido da região e a umidade proveniente da mata do meio exterior à gruta também favorecem a saturação do ar, sendo que mesmo na entrada, houve poucas e ínfimas oscilações após o período de estabilização do aparelho ao ambiente.

Em relação à detecção de variações do microclima cavernícola em função de visitação humana, simulou-se uma visitação antes da retirada dos equipamentos, com a permanência de três pessoas durante meia hora no interior da gruta.

De acordo com os dados não são percebidas variações de temperatura e umidade que possam ser atribuídas a esta visitação. Os valores de temperatura aumentaram apenas quando os aparelhos foram retirados e guardados, não ocorrendo elevação nos registros durante o período em que estavam instalados.

Não há registros de outros visitantes da gruta do Espírito Santo durante o período de amostragem dos sensores por parte da administração do Núcleo Caboclos do PETAR, embora não se descarta a possibilidade de terem ocorrido visitações turísticas ou por integrantes da equipe técnica responsável pela elaboração do Plano de Manejo. Entretanto, destaca-se que não foram encontradas variações anômalas tanto nos valores de temperatura como de umidade e que possam ser atribuídas a alguma eventual visitação humana.

A Figura 292 mostra o perfil de concentração de dióxido de carbono da cavidade estudada. Os dados foram coletados a partir de leituras visuais diretamente no sensor no início da noite do dia 21 de março de 2009.

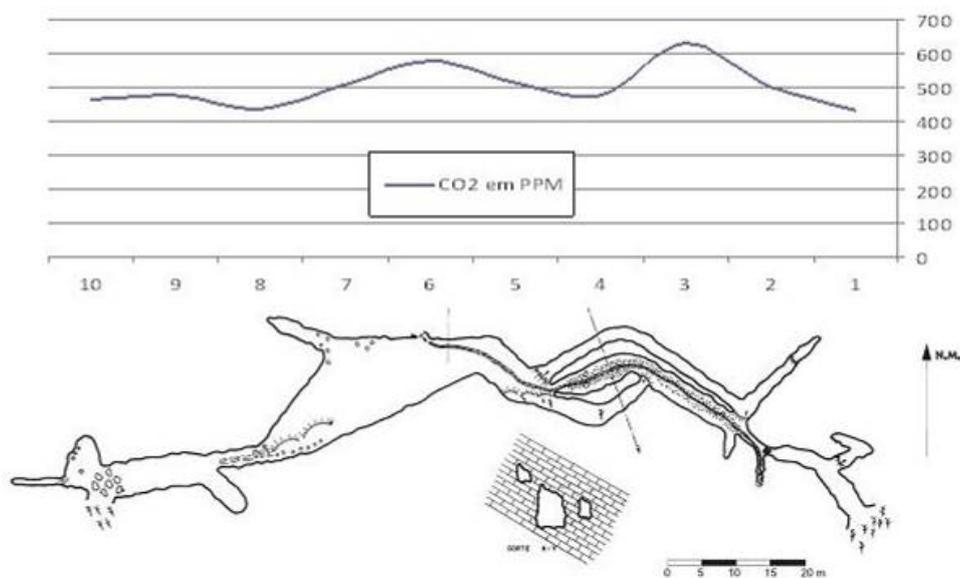


Figura 292. Perfil de concentração de gás carbônico da gruta do Espírito Santo

Embora de frágil correlação, devido à amostragem pequena e através de método pouco confiável, verifica-se pequeno aumento de concentração de CO₂ no trecho da gruta constituído por corredores estreitos, chegando ao valor máximo de 630 ppm no local correspondente à área não visitável. Tal aumento pode estar associado à influência da passagem pelo ambiente das três pessoas que participavam do levantamento, devido à respiração destas. A concentração de CO₂ pode ser alterada com maior intensidade em ambientes menores e de baixa circulação de ar e, conseqüentemente, difícil dispersão de gases.

A amplitude dos valores encontrados nas medições foi de aproximadamente 200 ppm, sendo que o valor mínimo, de 432 ppm, foi registrado na entrada da gruta.

Ressalta-se que não foram notadas outras variações significativas na concentração do gás carbônico em decorrência da ausência ou permanência de três pessoas a 2,5 m de distância do sensor.

Como considerações finais, é possível afirmar que, através dos dados coletados, não foram verificadas alterações claras ou significativas na atmosfera cavernícola da gruta do Espírito Santo decorrentes da visita humana em seu interior.

Mas deve ser ressaltado, no entanto, que a conformação física desta cavidade atribui ao ambiente interno pouco fluxo e troca de energia com ambiente externo, o que pode ser constatado pelos dados dos da área não visitável e do salão visitável, onde as variações de temperatura, umidade e mesmo CO₂, foram muito tímidas.

Frente aos dados registrados e ao exposto, merece atenção especial quanto à suscetibilidade a alterações microclimáticas em função de visita turística, o trecho de diâmetro reduzido – área não visitável, mesmo que este duto secundário atualmente seja pouco visitado. A presença e permanência de pessoas neste local provavelmente irão provocar aumento significativo da temperatura e da concentração de CO₂, considerando-se que o ambiente tem temperatura média inferior que o restante da cavidade, é de reduzidas dimensões e bastante estável, com baixa troca de energia. A fragilidade do microclima pode ser observada na Figura 293.

Gruta do Espírito Santo

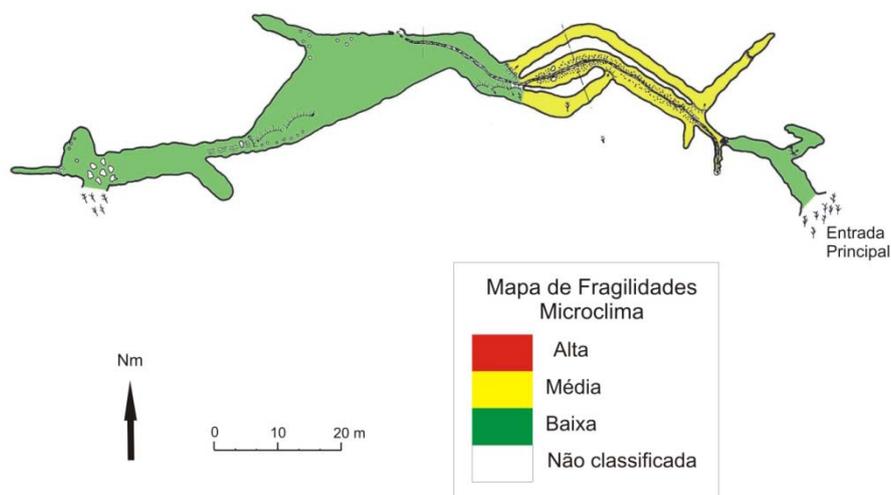


Figura 293. Fragilidade do microclima da gruta do Espírito Santo

4.2.18.3. Fauna cavernícola

Fauna Terrestre

Cavidade com duas aberturas opostas, sendo a principal ascendente com relação ao meio epígeo e a distal como uma clarabóia. Os condutos são relativamente estreitos e meândricos, com trechos secos e outros percorridos por pequeno riacho. Vários condutos curtos partem do conduto principal.

Os recursos tróficos observados foram raízes, pontos esparsos de detritos vegetais, guano de morcegos hematófagos, frugívoros e insetívoros, fezes indeterminadas de vertebrados e uma planta estiolada no salão distal da cavidade.

Foram avistados aproximadamente 36 grilos *S. brevipennis*, duas aranhas *C. fasciatus*, cerca de 15 *Plato* sp., 23 *Loxosceles* sp. (Figura 294A), pelo menos 15 opiliões *S. spelaeum* (duas fêmeas cuidando de ovos e uma de filhotes na campanha de março), três *D. inermis* e seis larvas de Keroplatinae. A quantidade de exemplares foi semelhante nas duas campanhas de campo. A lista completa dos táxons amostrados para a fauna terrestre pode ser observada no Anexo 25.5.

Analisando-se a lista de espécies da gruta do Espírito Santo, observa-se a presença de 42 morfoespécies de invertebrados e uma de vertebrado (representada apenas através de vestígios), comparados com 30 morfoespécies de invertebrados e uma de vertebrados citadas anteriormente em literatura. Entre os 43 grupos encontrados (invertebrados + vertebrados – Figura 294B), 21 podem ser os mesmos registrados em literatura, dessa forma, foram 22 novas ocorrências, além de nove espécies registradas anteriormente, que não foram encontradas no presente estudo (total de 52 registros). Foram encontradas 11 espécies com troglomorfismos (ausência de olhos e pigmentação).

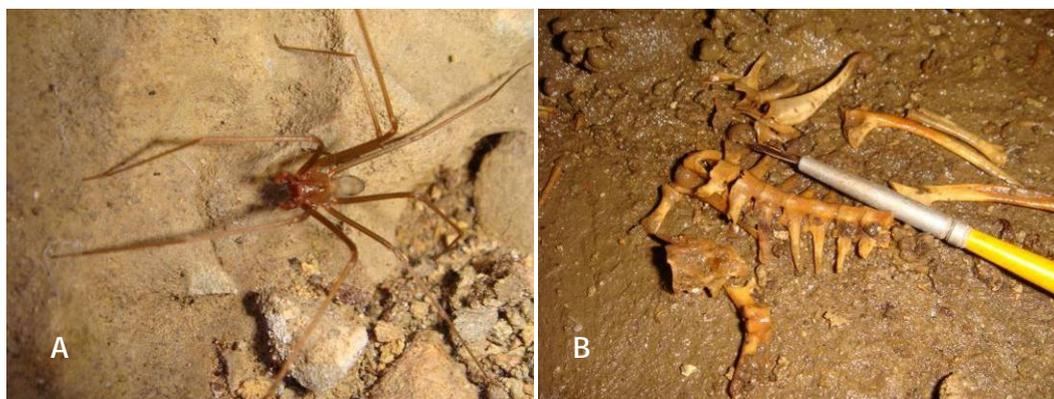


Figura 294. (A) Exemplar macho de *Loxosceles* sp. na gruta do Espírito Santo. (B) Ossada encontrada na gruta do Espírito Santo na campanha de setembro

A gruta do Espírito Santo destaca-se entre todas as demais pela excepcional riqueza em espécies troglóbias, tendo em vista seu pequeno desenvolvimento. A cavidade foi classificada como de máxima fragilidade para fauna terrestre devido à grande quantidade de animais troglomórficos, não apresentando qualquer vocação para uso público, pelo que recomendamos fortemente que a visitação seja restrita para fins de estudo.

Fauna ameaçada no estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1998)

Espécies provavelmente ameaçadas: *Troglopedetes* sp. 2 (Collembola)

Fragilidade do meio biótico

A fragilidade do meio biótico pode ser observada na Figura 295.

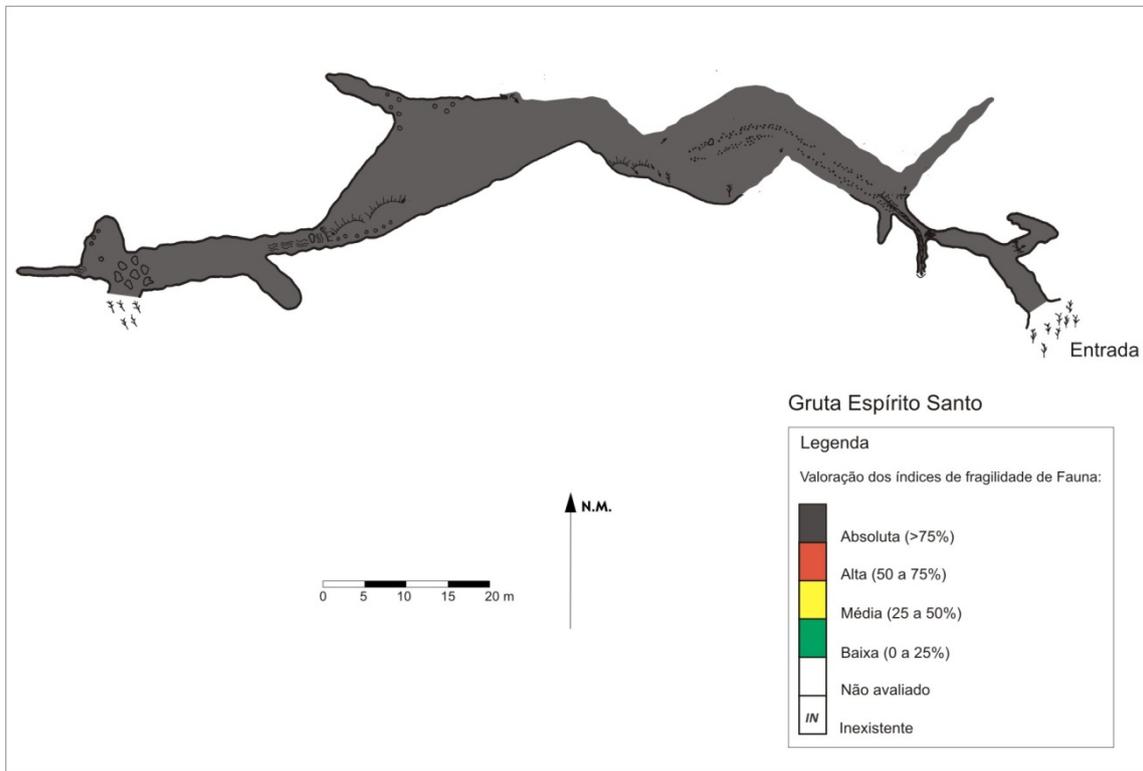


Figura 295. Fragilidade do meio biótico da gruta do Espírito Santo

4.2.18.4. Fungos e outros patógenos

Foram coletadas duas amostras em manchas de guano e encaminhadas para análise laboratorial. A Tabela 100 apresenta de forma resumida as características das amostras coletadas na gruta do Espírito Santo.

Tabela 100. Caracterização das amostras coletadas

Amostra	Característica da amostra	Local	Resultado
Nº 25	Úmida, negra, foram encontrados indivíduos sobrevoando o ponto. Local sem iluminação durante o dia, com temperatura de 21,9°C e 72% de umidade, mancha nas dimensões 0,56x0,20 m.	Salão do Fóssil.	■
Nº 26	Seca, negra, não foram encontrados indivíduos sobrevoando o ponto. Local sem iluminação durante o dia, com temperatura de 19,5°C e 82% de umidade, mancha nas dimensões 0,60x0,30 m.	Entrada do salão do fóssil.	■

Os resultados laboratoriais não indicaram a presença do fungo *Histoplasma capsulatum* var. *capsulatum*, causador da histoplasmose, em nenhuma das amostras coletadas. Contudo a ocorrência deste agente patógeno no ambiente cavernícola tem forte vínculo com as populações de quirópteros que podem não ser fixas a uma única caverna. Assim, os resultados negativos para as amostras, não permitem afirmar que todo o ambiente da caverna esteja livre da presença deste fungo e, por isso, análises periódicas devem ser feitas a fim de monitorar a ocorrência deste patógeno.

4.2.18.5. Patrimônio histórico, cultural e arqueológico

A gruta do Espírito Santo, não apresenta registros arqueológicos em literatura, e suas características a configuram como um ambiente pouco favorável a ocupação humana pretérita. A Tabela 101 resume os registros encontrados para esta caverna.

Tabela 101. Registros arqueológicos da gruta do Espírito Santo

Agrupamento 9	Bibliografia ¹	Prospecção ²	CVA ³	SVABP ⁴	SVARP ⁵
Gruta do Espírito Santo		X	X*		

¹ Dispõe de conhecimento arqueológico registrado em bibliografia.

² Cavernas para as quais não foram encontrados registros arqueológicos bibliográficos (nenhum ou insuficiente) exigindo o trabalho de prospecção.

³ Cavernas com vestígios arqueológicos (CVA)

* vestígios arqueológicos identificados pela pesquisa dos PMEs

** cavernas para as quais já se contava com informação de vestígios arqueológicos ou culturais

⁴ Caverna sem vestígios arqueológicos e com bom potencial arqueológico

⁵ Caverna sem vestígios arqueológicos e com restrito potencial arqueológico

A gruta do Espírito Santo está localizada em baixa vertente coberta por mata alta. Morro abaixo, próximo à entrada da caverna, a paisagem está bem perturbada por ações ligadas a mineração de chumbo e calcário. Trata-se de uma área bastante modificada, com estradas e pedreira abandonada. A aproximadamente 800 m da boca da caverna há estruturas abandonadas de uma mina de chumbo que, segundo relatos, seria a mais antiga do Brasil.

A gruta em si apresenta pequenas dimensões, porém, próximo à entrada foi encontrada uma grande concentração de conchas, parcialmente destruída devido à abertura de estrada de acesso às áreas mineradas. Sugere que a área possa corresponder a um sítio concheiro. Nesta área foi aberta uma sondagem, para averiguação do contexto arqueológico.

No nível 2 (10 a 20 cm) foi encontrado um fragmento de material lítico lascado, compreendendo uma lasca em calcário com preparo de talão, medindo 4,6 cm de comprimento, 5,6 cm de largura e 1,4 cm de espessura (Figura 296).



Figura 296. Lasca em calcário, face interna e face externa

Além desta peça foi encontrado, também no nível 2, um seixo em formato trapezoidal com marcas de percussão, sugerindo tratar-se de um batedor. Suas medidas são: 6,2 cm de comprimento, 5,5 cm de largura na base e 3,0 cm de largura no topo, por 3,2 cm de espessura. A matéria prima desta peça é o filito.

4.2.18.6. Uso público

Caverna plana e seca, com boca próxima à estrada de acesso, caminhamento com vários trechos de tetos baixo, caracterizada pela existência de um fóssil aparente em uma das suas paredes sedimentares.

Exceto a trilha de acesso, essa caverna não possui qualquer outro equipamento facilitador de visitação.

- Toponímia: o nome da gruta – Espírito Santo – vem do nome da mineração que existia nas imediações da caverna., a Mina do Espírito Santo que funcionou até a década de 1930
- Descritivo do atual circuito de visitação: circuito fechado (entrada e saída pela mesma boca) e pequenas ramificações. O caminhamento, com cerca de 300 m, se dá por rastejamento logo no início da caverna, alguns trechos são lisos e escorregadios, mas todo o circuito de visitação não apresenta maiores dificuldades.

- Pontos interpretativos:

- Trilha de acesso:

- Visita à mina de extração de calcário desativada Pelizari.

- Dentro da caverna:

- 1º - Espeleotema “espeleólogo fazendo rapel”.

- 2º - Fóssil na parede no final da caverna.

4.2.18.7. Síntese das recomendações para o zoneamento ambiental espeleológico

Diante da alta biodiversidade de espécies cavernícolas na cavidade (abundância de espécies troglóbias como responsável pela elevação geral dos índices de fragilidade da cavidade) recomendou-se, enfaticamente, a proibição da visitação pública nessa cavidade. Junta-se a esse atributo da biodiversidade a ocorrência de depósitos paleontológico em seu interior e sítio arqueológico na área da entrada da cavidade.

Para o ZAE da gruta do Espírito Santo, os seguintes aspectos foram pontuados pelos coordenadores de diagnósticos temáticos:

Meio Físico: Possui raras feições geológicas com duas ocorrências de depósitos clásticos e com perfil paleontológico. Tem uma região com cristais de gipsita, o que é bastante incomum nas cavernas da região. Essas duas áreas da caverna foram classificadas como de alta fragilidade, as demais áreas têm fragilidade média ou baixa.

Microclima: Apresenta fragilidade média ou baixa, sem alterações significativas sobre o clima devidas a presença de visitas.

Espeleobiologia: A caverna foi considerada como de fragilidade absoluta, com o registro 13 espécies de troglóbios terrestres. Foi verificada a ocorrência de morcegos hematófagos na caverna, que são extremamente sensíveis a presença humana. Em função de sua elevada representatividade biológica e baixa importância relativa para a visitação no parque, é recomendado que a visitação nesta caverna seja restrita, assim como a área da mina, próxima a caverna.

Arqueologia: Para a arqueologia, as áreas mais interessantes são a entrada da caverna (boca) e pontos da estrada/trilha de acesso à caverna. Ainda há registros de vestígios fósseis no interior da caverna, elevando a fragilidade do ambiente.

Turismo: Não é muito significativa do ponto de vista turístico. Foi previsto, inicialmente, um circuito turístico com acesso ao salão maior e destaque as áreas de interesse paleontológico (onde foram encontrados fósseis), possibilidade que foi descartada diante da importância ambiental da cavidade.

Estas recomendações são sintetizadas por meio das fragilidades integradas – máximas e ponderadas –, apresentadas na Figura 297.

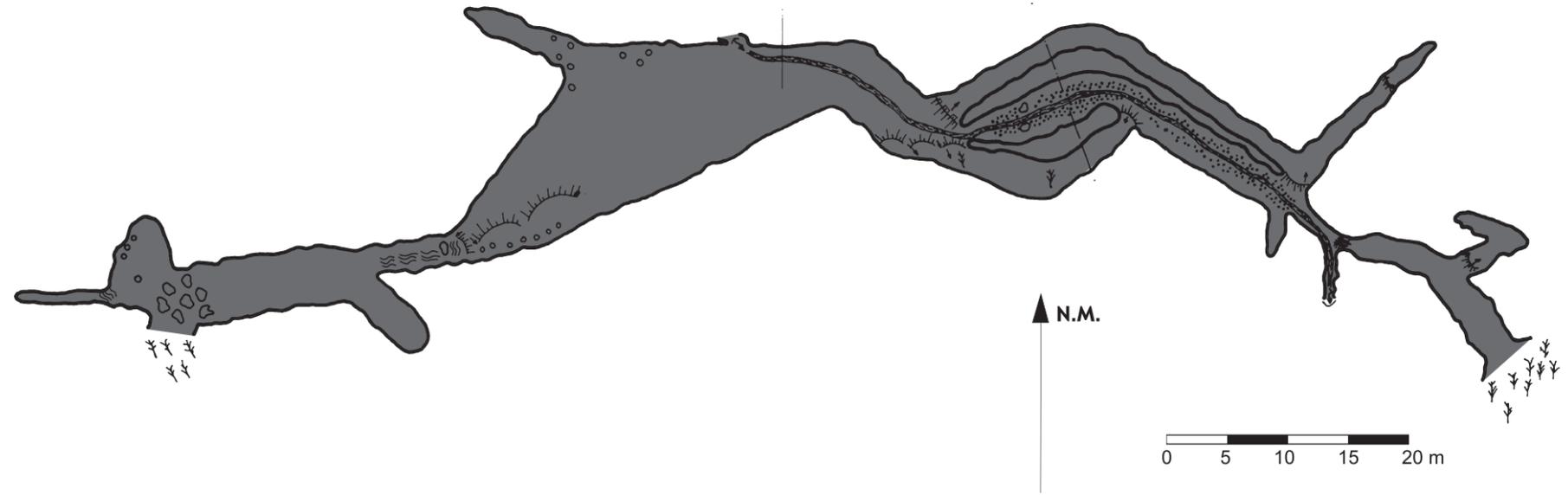
4.2.18.8. Zoneamento Ambiental Espeleológico

O ZAE da gruta do Espírito Santo é apresentado na Figura 298 e descrito na Tabela 102.

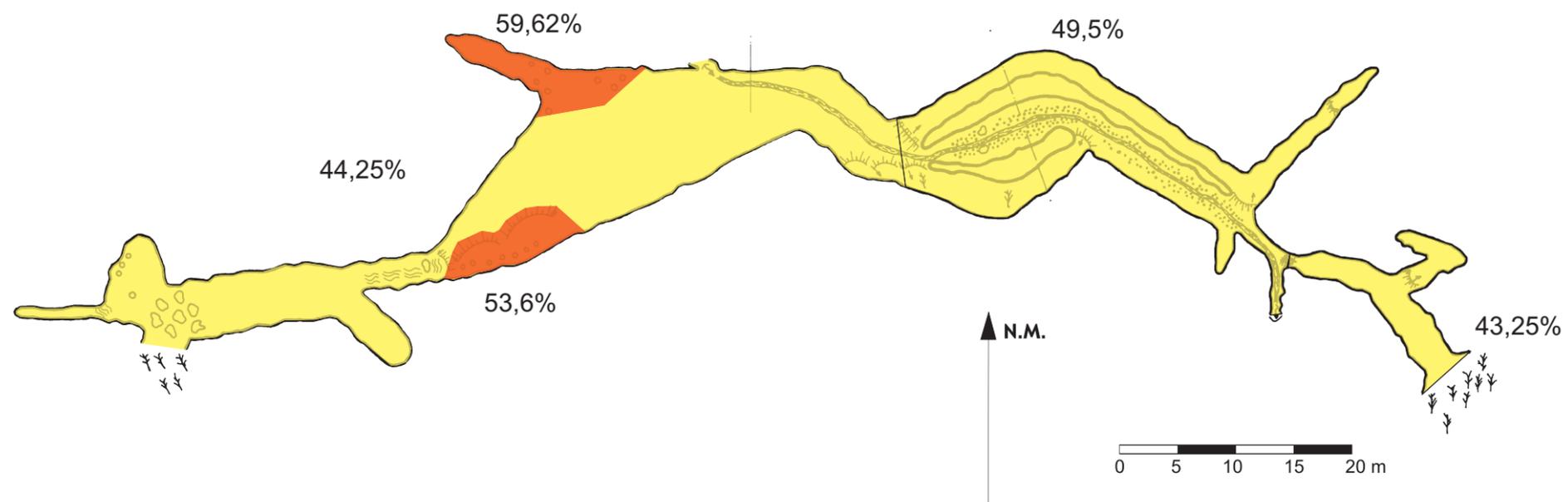
Tabela 102. Descrição geral do ZAE da gruta do Espírito Santo

Zona	Descrição da Área	Uso Permitido	Uso Não-permitido	Recomendações específicas
AI	Projeção da caverna em superfície e um entorno de 250m ao seu redor.	Uso indireto dos recursos naturais.	Uso direto dos recursos naturais.	Colocar painéis na proximidade da caverna, indicando os fatores que não permitem a visitação na caverna.
ZI	Toda a caverna.	<ul style="list-style-type: none">▪ Pesquisa▪ Espeleologia▪ Fiscalização.	Espeleoturismo.	Autorizar somente projetos relativos às pesquisas de fauna, paleontologia e topografia da caverna.
ZHC	Trecho na entrada da caverna e trecho de localização de fóssil no seu interior.	<ul style="list-style-type: none">▪ Pesquisa▪ Espeleologia▪ Fiscalização.	<ul style="list-style-type: none">▪ Espeleoturismo▪ Iniciação espeleológica.	Autorizar somente projetos relativos às pesquisas de paleontologia e arqueologia da caverna. Instalar painéis na área externa, com descrições dos sítios arqueológico e paleontológico.

Fragilidade máxima



Fragilidade ponderada



Gruta Espírito Santo

Legenda

Valoração dos índices de fragilidade:

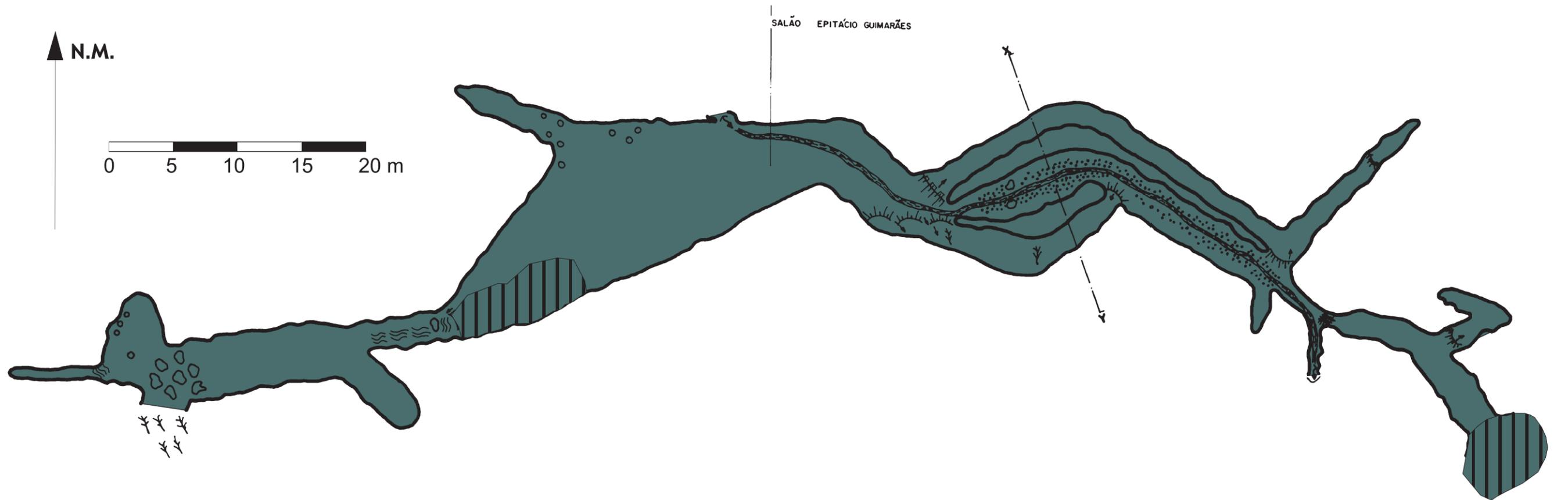
-  Absoluta (>75%)
-  Alta (50 a 75%)
-  Média (25 a 50%)
-  Baixa (0 a 25%)

IN Inexistente

NA Não avaliado

Gruta Espírito Santo

Zoneamento Ambiental Espeleológico



Legenda ZAE

-  Zona Histórico-Cultural (ZHC)
-  Zona Intangível (ZI)