

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**MAPEAMENTO ESPELEOLOGICO DE DETALHE DO SETOR TURÍSTICO
DA GRUTA DA TAPAGEM (CAVERNA DO DIABO) - SP**

Ana Laura Person

Orientador: Prof^o. Dr. Carlos Henrique Grohmann de Carvalho

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF - 2013 / 01)

SÃO PAULO
2013

TF
P467
AL.m
e.2

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**MAPEAMENTO ESPELEOLOGICO DE DETALHE DO SETOR TURÍSTICO DA
GRUTA DA TAPAGEM (CAVERNA DO DIABO) - SP**

De acordo

Ana Laura Person

Aluna: Ana Laura Person

CLG

Prof. Dr. Carlos Henrique Grohmann de Carvalho



**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF - 2013 / 01)**

DEDALUS - Acervo - IGC



30900032016

SÃO PAULO
2013

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais, Benedito e Ester, e meu irmão Gustavo, pela educação e amor incondicionais, e por me apoiarem em todas as decisões da minha vida, inclusive na escolha de cursar Geologia.

Ao prof. Dr. Carlos Henrique Grohmann de Carvalho pelas orientações, ajudas e conhecimentos transmitidos, durante toda a elaboração do trabalho.

Agradeço também ao Valdir Felipe Novello e a Natasha Silveira Pinto (Cenourinha) por me acompanharem nas etapas de campo, pela dedicação, esforço e pelas aventuras cavernícolas vivenciadas.

Ao Marlei Chamani (Trilô), pelas dicas valiosas e grande auxílio conferido durante o tratamento dos dados.

A Mayra Jankowsky, gestora do Parque Estadual Caverna do Diabo, pelo apoio à execução deste projeto de Trabalho de Formatura, e também a todos os monitores e vigias do parque.

Agradeço ao Daniel Guilhem Barbosa, pela paciência, amor, companheirismo e dedicação ao longo desses vários anos. A Bruna Pioli e Mariângela Previato (Sabugo) pela amizade, companheirismo e pelas risadas compartilhadas.

E para todos aqueles, que de alguma forma contribuíram, direta ou indiretamente, para conclusão deste trabalho de formatura, deixo meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	II
FIGURAS.....	II
TABELAS.....	III
1. RESUMO	1
2. ABSTRACT	2
3. INTRODUÇÃO.....	3
4. METAS E OBJETIVOS	4
5. ÁREA DE ESTUDO	4
6. GEOLOGIA REGIONAL	5
7. MATERIAIS E MÉTODOS.....	8
7.1. BASES FIXAS E BASES FLUTUANTES	8
7.2. COLETA DE DADOS	10
7.3. TRATAMENTO DOS DADOS.....	13
7.4. CLASSIFICAÇÃO DO MAPA OBTIDO	13
11. RESULTADOS OBTIDOS	16
12. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	19
13. CONCLUSÕES	34
14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

FIGURAS

Figura 1 - Localização da Gruta da Tapagem (Caverna do Diabo), em vermelho. Fonte: DNIT 2002.	5
Figura 2 - Compartimentação geológica regional, em vermelho a delimitação da área de estudo, localizada na Serra do André Lopes (Karmann (1994)).....	7
Figura 3 – Estação total posicionada sobre base fixa localizada em passarela de concreto, com marcação em tinta amarela na região central da abertura do tripé (ST15).	9
Figura 4 – Estaca de metal utilizada para demarcaras bases fixas em locais com sedimento, como no caso da ST-07.....	9
Figura 5 – Posicionamento do DGPS e antena, sobre as bases ST-01 (à frente) e ST-00 (ao fundo), utilizadas para a coleta de dados de coordenada, posicionadas de forma a possibilitar uma perfeita visualização de uma base para a outra.	11
Figura 6 – Representação da Estação Total, TopCon, modelo GPT-3200NW. (A) Localização do nível circular para ajuste inicial. (B) Localização do nível tubular, utilizado para o ajuste de precisão do equipamento. Fonte: Manual GPT3200N.	12
Figura 7 – Mapa da Gruta da Tapagem com locação dos perfis morfológicos elaborados...	18

Figura 8 – Mapa espeleológico da Gruta da Tapagem, SEE (1966), evidenciando a morfologia, e localização de elementos naturais da caverna, anteriores às modificações antrópicas para o turismo em massa.	21
Figura 9 – Mapa espeleológico da Gruta da Tapagem, PROCAD (2006), observar modificações antrópicas, como construção de passarelas e escadarias adaptadas para o turismo em massa, além da presença de duas barragens no Rio das Ostras.	22
Figura 10 – Mapa da Gruta da Tapagem, feito através de estação total, com enumeração dos trechos comparados a seguir.	24
Figura 11 – Mapa PROCAD (2006) com enumeração dos trechos comparados a seguir.	25
Figura 12 – Perfil 1.	28
Figura 13 – Perfil 2.	28
Figura 14 – Perfil 3.	29
Figura 15 – Perfil 4.	29
Figura 16 - Porção inicial do conduto inferior da Gruta da Tapagem, próximo à entrada da caverna, a base (ST-06).	29
Figura 17 – Final do trecho inferior da Gruta da Tapagem, com base (ST-08) sobre a ponte. Ao fundo escadarias de acesso à porção superior da caverna, e entrada do Salão da Catedral.	30
Figura 19 – Perfil 6.	31
Figura 18 – Perfil 5.	31
Figura 20 – Perfil 7.	31
Figura 21 – Perfil 8.	31
Figura 22 – Perfil 9.	32
Figura 24 – Perfil 11.	32
Figura 23 – Perfil 10.	32
Figura 26 – Perfil 13.	33
Figura 25 – Perfil 12.	33
Figura 27 – Perfil 14.	33
Figura 29 – Perfil 16.	34
Figura 28 – Perfil 15.	34

TABELAS

Tabela 1 – Graus BCRA de precisão para a linha central da topografia. (Robbioli & Moura, 2005).	14
Tabela 2 – Graus BCRA para registro de detalhes do conduto. (Robbioli & Moura, 2005)...	15

ANEXO 1 – Mapa espeleológico da Gruta da Tapagem.

1. RESUMO

A Gruta da Tapagem (ou Caverna do Diabo), descoberta no início do século XX, é a primeira caverna do estado a possuir infraestrutura para o turismo intensivo, e é considerada a principal *show cave* do país, recebendo grande número de visitação desde a década de 1960.

Apesar de ser uma região muito conhecida e estudada, os mapas espeleológicos disponíveis da Gruta da Tapagem possuem um grau de confiabilidade contestável, por terem sido levantados com métodos convencionais (através de trena, bússola e clinômetro), já que o volume expressivo de seus salões dificulta o mapeamento preciso de sua porção turística.

Os avanços tecnológicos nos equipamentos para a espeleotopografia trazem benefícios como, principalmente, maior precisão nas medições realizadas. Dentre esses equipamentos, a Estação Total é uma importante ferramenta para o auxílio durante o mapeamento, possibilitando a obtenção de um mapa de grande precisão do posicionamento de seus condutos. Por esses motivos foi proposto neste trabalho um novo levantamento topográfico do setor turístico da Gruta da Tapagem, a fim de se obter um mapa de precisão do posicionamento dos condutos, além da elaboração de perfis morfológicos, para se representar o posicionamento das galerias e de elementos que compõem sua paisagem cárstica interior, visando auxiliar os estudos futuros, tanto de cunho científico quanto de manejo interno da caverna.

Desta forma, através do mapa espeleológico obtido, foi possível a realização de diversas comparações com os mapas existentes de anos anteriores, principalmente com o do Projeto Caverna do Diabo (PROCAD). Adicionalmente, 16 perfis morfológicos foram levantados nos locais de posicionamento das principais bases fixas.

Neste projeto ficaram evidentes as diferenças presentes nos principais mapas existentes para a Gruta da Tapagem, justificando assim a necessidade da realização de trabalhos de mapeamento, utilizando uma técnica mais moderna de mapeamento com uso de Estação Total.

2. ABSTRACT

The Tapagem Cave (or Caverna do Diabo – Devil's Cave), discovered in the early twentieth century, is the first Brazilian cave to have an intensive infrastructure for tourism, and is considered the main show cave in the country, receiving many visits since the decade of 1960.

Even though the regions is well known and studied, the speleological maps available for this cavern present some degree of questionable reliability, since they were surveyed using conventional methods (by measuring tape, compass and clinometer), and due the significant volume of its halls, which hampers the precise mapping of its touristic sector.

Technological advances in survey equipment result in higher accuracy of measurements. Among these devices, the Total Station is an important tool in mapping, enabling to obtain a high precision map of the cave passages. For these reasons it was proposed in this paper a new topographic survey of the touristic sector of the Tapagem Cave, in order to obtain an accurate map of the cavern, coupled with morphological profiles, to represent the galleries and elements that comprise its underground landscape, and to aid in future studies, scientific and for touristic management of the cave.

Thus, through the speleological map obtained, it was possible to make various comparisons with existing maps from previous years, especially with the Devil's Cave Project (PROCAD). Additionally, 16 morphological profiles were surveyed in the same location of the main fixed stations.

This project highlighted the differences between the available maps of Tapagem Cave, which justifies the need of new surveys, using modern mapping techniques such as the Total Station.

3. INTRODUÇÃO

O mapa de uma caverna pode ter muitas finalidades, desde caracterizar sua morfologia interna e a sucessão de salões e galerias até servir como base para estudos das ciências relacionadas à espeleologia, como a geologia, ecologia, paleontologia, dentre outros (Sánchez 1980). Quando se trata de cavernas turísticas o mapa é de extrema importância para a elaboração do plano de manejo, essencial para a elaboração de medidas necessárias à utilização sustentável dos sistemas subterrâneos, através de estudos de circulação e zoneamento turístico, como o planejamento de percursos, estruturas de visitação, estruturas de proteção e monitoramento do estado de conservação das mesmas, bem como das intervenções realizadas em seu ecossistema.

A Gruta da Tapagem (ou Caverna do Diabo) foi descoberta no início do século XX, e é a primeira caverna do Estado a possuir infraestrutura para o turismo intensivo, recebendo visitação desde a década de 1960. Fez parte do Parque Estadual de Jacupiranga (PEJ) de 1969 até 2008, data de criação do Parque Estadual da Caverna do Diabo (PECD), e desde 1994 é gerenciada pelo Instituto Florestal. Localiza-se na região do Vale do Ribeira, e apresenta uma taxa de visitação, junto com as cavernas Santana, Água Suja e Morro Preto, em média, de 30.000 turistas/ano na última década (Lobo et al. 2012).

Apesar de ser muito conhecida e estudada, os mapas espeleológicos disponíveis do local possuem um grau de confiabilidade contestável, já que o volume expressivo de seus salões dificulta o mapeamento preciso de sua porção turística, quando são utilizados métodos convencionais de mapeamento (através de trena, bússola e clinômetro), outro ponto importante é a ausência de perfis ilustrativos da morfologia interna dos salões e condutos.

A técnica de mapeamento de caverna pouco mudou nos últimos cem anos (Auler & Zogbi 2005), tendo sido feita à base de bússola, trena e clinômetro, porém essa técnica mostra-se um tanto quanto subjetiva, pois depende de fatores que podem afetar significativamente o grau de confiabilidade do trabalho final. Segundo Walter & Barbalho Jr. (1980), os principais tipos de erros cometidos no mapeamento de cavernas são os erros de leitura de bússola, clinômetro ou trena, os erros intrínsecos aos instrumentos (precisão, resolução de graduação, atrito, etc.), os erros de posicionamento das bases, principalmente por variação na altura das visadas, e erros de representação gráfica devido à falta de processamento dos dados, além da influência das condições adversas do trabalho, como o cansaço da equipe, a falta de tempo, dentre outros. Esses acúmulos de fatores podem comprometer significativamente a confiabilidade do mapa final.

Com os avanços tecnológicos surgem novos equipamentos, que possibilitam medições mais precisas para a espeleotopografia, como a Estação Total, e consequentemente, podem contribuir para a elaboração de um mapa de maior precisão do desenvolvimento de seus condutos, servindo de importante ferramenta para o auxílio de estudos futuros, tanto de cunho científico quanto de manejo interno da caverna. Por esse motivo é proposto neste trabalho um novo levantamento topográfico do setor turístico da Gruta da Tapagem, a fim de se obter um mapa de precisão do posicionamento de seus condutos, grau XD - BCRA (*British Cave Research Association*), além de perfis morfológicos de seu interior, para se representar o posicionamento das galerias e elementos que compõem sua paisagem cárstica interior, que auxiliem nos estudos futuros, tanto de cunho científico quanto do manejo interno da caverna.

4. METAS E OBJETIVOS

O presente trabalho objetiva o mapeamento de detalhe do setor turístico da Gruta da Tapagem, que possui cerca de 700 metros de extensão, de acordo com o Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC) da Sociedade Brasileira de Espeleologia, através do uso de Estação Total para delimitar com precisão o contorno dos condutos, bem como o posicionamento passarelas e escadarias de acesso turístico.

Além do mapa, é proposta a elaboração de diversos perfis morfológico representativos de trechos importantes do interior da caverna, buscando ilustrar o posicionamento das galerias, e secundariamente apresentar alguns elementos importantes para a caracterização de sua paisagem cárstica interior.

5. ÁREA DE ESTUDO

A Gruta da Tapagem está localizada a sudeste do estado de São Paulo no município de Eldorado (Fig. 1), região da Serra do André Lopes, à margem direita do médio curso do Rio Ribeira de Iguape, distando aproximadamente 286 km da capital.

A região está contida na folha topográfica Braço, SG-22-X-B-VI-1 MI-2828-1, escala 1:50.000, IBGE, ano 1987.

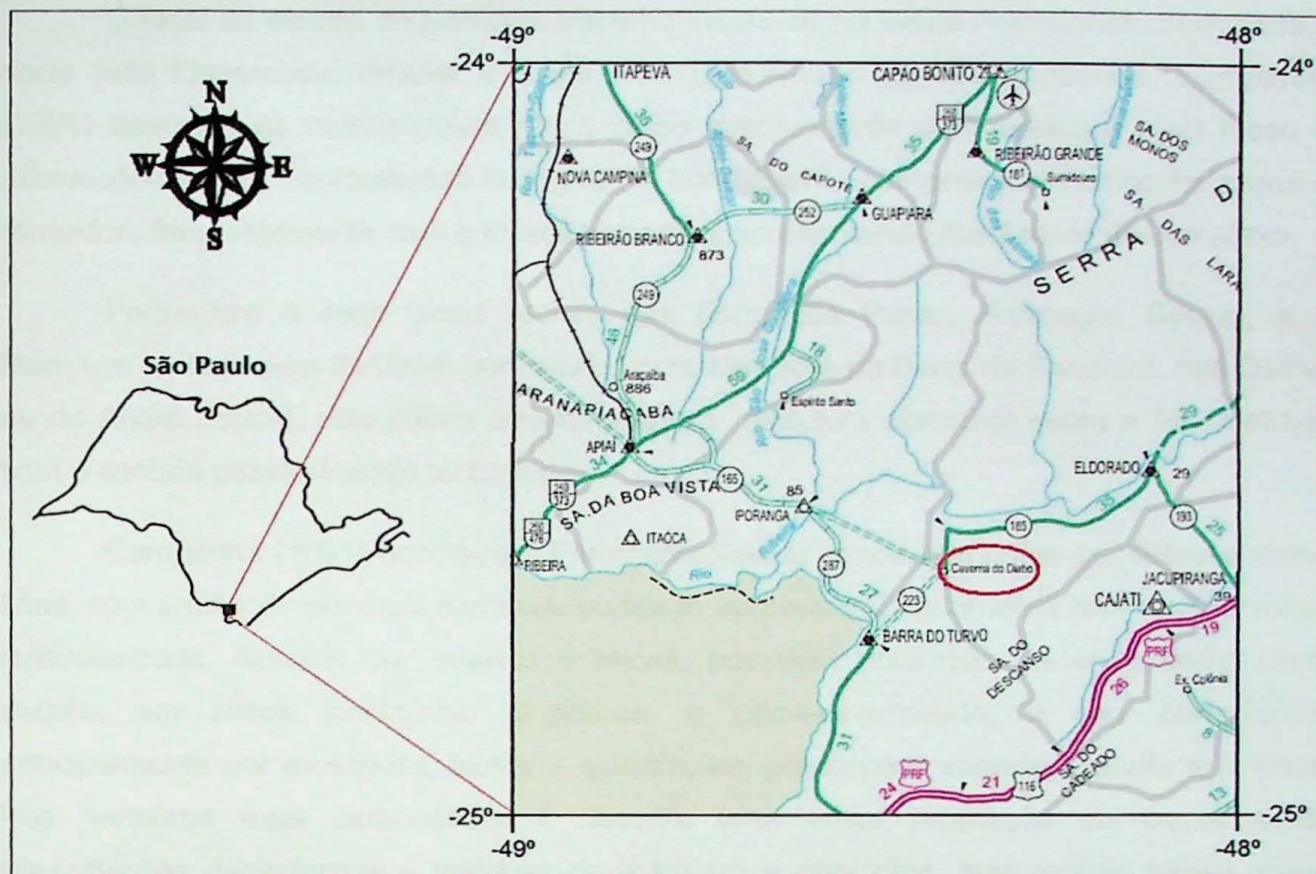


Figura 1 - Localização da Gruta da Tapagem (Caverna do Diabo), em vermelho. Fonte: DNIT 2002.

6. GEOLOGIA REGIONAL

O histórico dos trabalhos de cunho geológico na região sudoeste do Estado de São Paulo teve início com Silva & Andrade (1805), *apud* Campanha (1991), trabalho no qual são realizadas as primeiras referências escritas sobre a geologia da região.

Campanha (1991) descreve o arcabouço geológico da região de estudo como sendo formado por um embasamento gnáissico-migmático, um conjunto de rochas supracrustais, pertencentes ao Grupo Açungui, e diversas intrusões granitóides de características variadas. A região é afetada por um denso sistema de zonas de cisalhamento transcorrentes, de movimentação NE-SW, responsáveis por uma lenticularização sigmoidal, que evidencia os blocos tectônicos Costeiro, Andorinhas, Ribeira, Lajeado e Apiaí.

Segundo Campanha (1991), o Bloco Ribeira, a norte do lineamento homônimo, possui um formato de cunha e é composto principalmente por filitos, metassiltitos laminados e rochas metabásicas, com intercalações de metarenitos, mármore e metaconglomerados. A sul do Lineamento Lancinha-Itapeúna ocorre o Bloco Costeiro, que possui estruturação interna composta por zonas de cisalhamento de baixo ângulo, composto principalmente por xistos aluminosos, filitos acinzentados, quartzitos, mármore, e migmatitos bandados, com paleossoma de biotita ou hornblenda gnaisses.

O local de estudo do presente trabalho insere-se no Bloco Andorinhas, delimitado a norte pelo Lineamento Ribeira e a sul pelo Lineamento Lancinha-Itapeúna. Campanha (1991) descreve as rochas desse bloco como intensamente deformadas a nível meso e microscópico, com intercalações litológicas e bandamento composicional lenticularizados e rompidos, frequentemente com a foliação principal apresentando redobramento complexo.

Pertencem a esse bloco rochas das Formação Perau, Formação Setuva, e o Mármore da Tapagem (também conhecido como Mármore da Serra da Bandeira, das Ostras ou de André Lopes), este último encontra-se em estrutura sinformal sobre a Fm. Setuva, com o contato possivelmente tectônico.

Campanha (1991) descreve a Formação Setuva sendo composta por filitos e xistos finos, com a foliação principal contínua, podendo apresentar bandamento fino, muitas vezes lenticularizado, definido por quartzo e micas, possuem coloração variando entre cinza escuro, em xistos localmente grafitosos, a cinza-esverdeado, e são constituídos principalmente por muscovita, biotita e quartzo, em proporções variadas, clorita e opacos. Nos membros mais carbonáticos é descrita uma maior proporção de clorita e de intercalações decimétricas a métricas de mármore e quartzitos. Nas rochas desse grupo ocorrem também alguns corpos de mármore encaixados, apresentando composição geralmente calcítica, de textura fina, homogêneos, e coloração branca, podendo localmente apresentar-se bandados, xistosos ou com coloração acinzentada.

O Mármore da Tapagem (fig. 2), no qual está inserida a Gruta da Tapagem, é descrito por Campanha (1985) como um corpo de forma elíptica, de dimensões superiores a 23 por 4 Km, sustentando o planalto Serra de André Lopes (ou da Bandeira), com feições cársticas bem desenvolvidas, como dolinas, sumidouros, cavernas, paredões verticais de mármore, lagos e presença de drenagem superficial rala e errática. Apresenta contatos bruscos com as unidades adjacentes, feição essa muito bem evidenciada em mapas topográficos e fotografias aéreas, excetuando-se apenas parte da porção norte, na qual ocorrem um contato interdigitado com os xistos carbonáticos da Fm. Setuva.

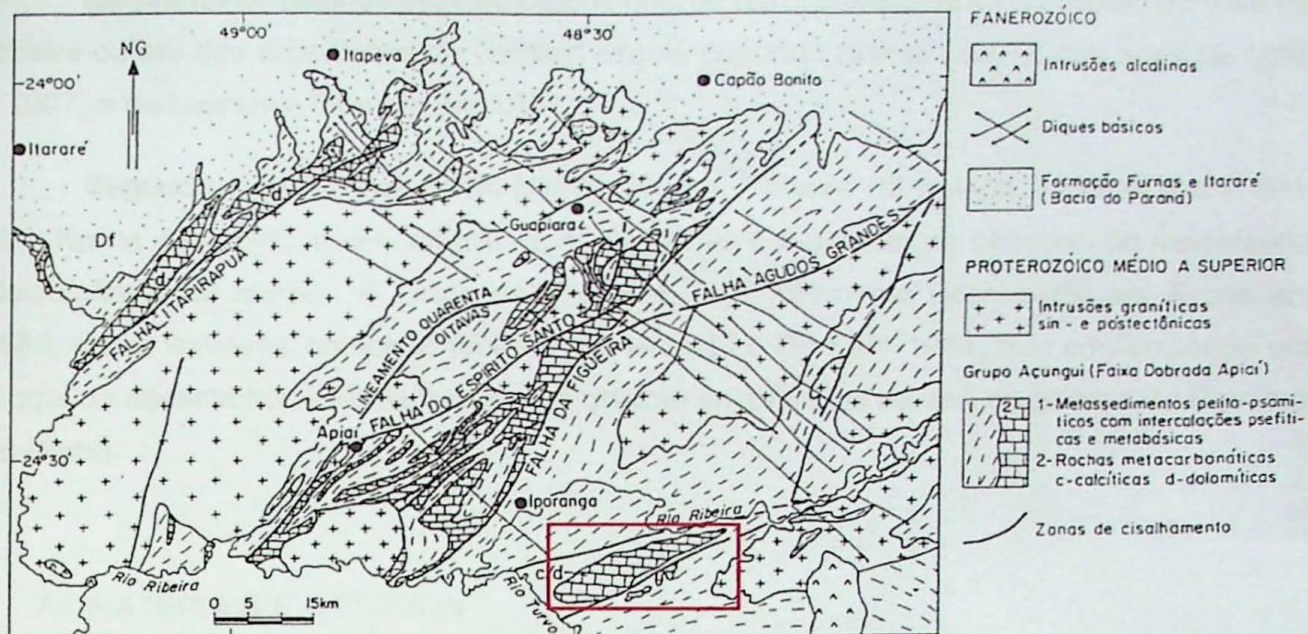


Figura 2 - Compartimentação geológica regional, em vermelho a delimitação da área de estudo, localizada na Serra do André Lopes (Karmann (1994)).

Segundo Campanha (1991) as rochas do Mármore da Tapagem são finas, homogêneas, brancas, isotrópicas e dolomíticas, podendo apresentar localmente variações em sua coloração, de branca à creme e cinza claro à escuro, em sua estrutura, de homogêneas à muito localmente bandadas, e em sua composição, de dolomíticas à calcíticas. Possuem teores de sílica variáveis, passando localmente para ortoquartzitos finos, isotrópicos, brancos e homogêneos, principalmente na porção mais elevada da Serra de André Lopes e região da Gruta da Tapagem.

Segundo Karmann (1994), as rochas carbonáticas da Serra de André Lopes constituem um relevo positivo em relação às rochas metapelíticas encaixantes, o que caracteriza um carste com recarga de natureza principalmente autogênica, sendo uma exceção no Vale do Ribeira.

Já a Formação Perau corresponde a filitos e micaxistos finos, e em sua mineralogia predominam muscovita fina, quartzo e opacos. São comuns as intercalações de bandas quartzíticas, centimétricas a métricas, caracterizando um bandamento composicional passível de ser observado em escala de afloramento, bem como veios de quartzo e camadas quartzíticas boudinadas, ou com texturas miloníticas. Também ocorrem metaconglomerados oligomíticos, com seixos de quartzo e quartzito, e intercalações de corpos alongados e concordantes de carbonatos, filitos e metabasitos, este último constituído por anfibolitos, com predomínio de hornblenda e plagioclásio, e clorita milonito, também classificados de plagioclásio-clorita xistos miloníticos (Campanha, 1991).

Os primeiros estudos espeleológicos que se tem conhecimento da região do Vale do Ribeira datam das expedições de Richard Krone, segundo Brandi (2007), nos anos de 1896 e 1907, e de Lourenço Granato em 1901.

Segundo o Comitê da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul (CBH-RB), Krone descreveu a descoberta de 41 cavernas e o achado de ossadas da megafauna pleistocênica na região. A Gruta da Tapagem foi oficialmente descoberta por Krone em 1886, e sua travessia completa foi feita por Michel Le Bret em 1964, que confeccionou um croqui do desenvolvimento da caverna, o qual se encontra no museu do Núcleo da Caverna do Diabo.

7. MATERIAIS E MÉTODOS

7.1. Bases fixas e bases flutuantes

A escolha dos tipos de bases a serem utilizadas durante o mapeamento de cavernas é uma decisão muito importante, que norteia todo o planejamento e desenvolvimento dos trabalhos de campo. Elas são os pontos que auxiliam a coleta dos dados, determinam os locais exatos nos quais são realizadas as medidas. O tipo de base a ser utilizada, fixa ou flutuante, e os locais de posicionamento das mesmas são determinados durante os trabalhos de campo, de acordo com as necessidades de cada local e objetivando facilitar a leitura dos instrumentos.

Rubbioli & Moura (2005) descrevem o método das bases fixas como o posicionamento das bases diretamente sobre elementos naturais da caverna, como paredes, espeleotemas, cruzamento de galerias, entradas de condutos secundários, entre outros, garantindo um posicionamento confiável e permanente. Ao adaptar esse método para o mapeamento proposto neste projeto, as bases fixas foram posicionadas nas passarelas e escadarias, através de pequenos sulcos no concreto, sob a forma de "X" com a porção central preenchida com tinta amarela (Fig. 3), feitos com uma talhadeira, visando garantir a permanência dessas marcas para possíveis estudos futuros. Nos locais onde o chão é de terra, as marcações foram feitas com pequenas estacas de metal, niveladas com o piso, de forma a priorizar o menor impacto sobre a caverna e visitação turística, conforme observado na figura 4.



Figura 3 – Estação total posicionada sobre base fixa localizada em passarela de concreto, com marcação em tinta amarela na região central da abertura do tripé (ST15).

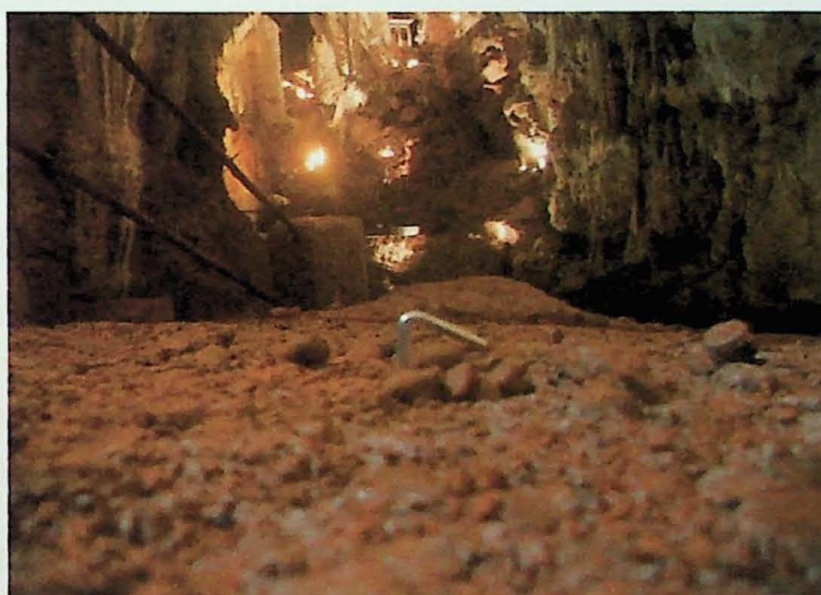


Figura 4 – Estaca de metal utilizada para demarcaras bases fixas em locais com sedimento, como no caso da ST-07.

As medidas coletadas entre duas bases fixas (base e ponto de ré) possuem uma altura constante, devido à utilização de um tripé para o apoio da estação total, e de um prisma, regulado a mesma altura. Estabelecido esses dois pontos prosseguiu-se a medição das distâncias até as paredes e teto (pontos de vante ou bases flutuantes), permitindo a triangulação dos pontos e suas localizações espaciais em relação à galeria.

Já no método das bases flutuantes não é utilizada uma marcação física. Segundo Auler & Zogbi (2005), o método das Bases Flutuantes consiste em posicionar a base, geralmente no chão da caverna, sendo que o ponta de trena e o instrumentista se posicionam a uma mesma altura do solo para realizar as medidas. Ao se utilizar a estação

total é possível eliminar os erros associados a variações na altura das medidas entre a base e o ponto de ré, tipo de erro muito comum no método tradicional. O único inconveniente desse método é a impossibilidade de localização futura das bases.

As bases fixas foram denominadas “ST”, seguida do número correspondente, tanto para as bases externas quanto para as internas. Já para as bases flutuantes, localizadas nas paredes, adotou-se a denominação “P”, seguida por número, determinadas bases flutuantes receberam denominações específicas, de modo a facilitar sua distinção no mapa de pontos, como as siglas “S” e “V” para representar pontos medidos na pilha de sedimentos no salão da Catedral e pontos medidos em alguns espeleotemas em formato de velas, respectivamente.

7.2. Coleta de dados

As atividades de mapeamento do trecho turístico da Gruta da Tapagem foram realizadas em quatro etapas, totalizando 12 dias de campo. Para a coleta dos dados foram utilizados dois aparelhos receptores DGPS e antenas, tripés, Estação Total e prisma.

A primeira etapa de campo foi destinada à coleta dos dados de posição dos locais escolhidos para o posicionamento das duas primeiras bases, e posteriormente, esses dados foram tratados em gabinete, a fim de se obter o posicionamento de precisão dos mesmos, através dos dados coletados pela Estação Cananéia, entre os dias 19 e 20 de maio, disponibilizados pelo IBGE.

Para essa coleta, foi utilizado um aparelho receptor GPS diferencial (DGPS), da marca Trimble, modelo 5700-RTK, através do qual foram determinadas as coordenadas da primeira base (ST-01), localizada próxima à guarita de acesso à caverna, e as coordenadas da base ré (ST-00), localizada próxima a uma placa informativa, antes da ponte sobre o rio das Ostras, dados disponíveis na tabela de dados, anexo 1. O DGPS e a antena foram posicionados em um tripé de metal de forma a ficar estável para a recepção do sinal dos satélites, essa coleta foi realizada no período noturno, evitando assim a interferência dos turistas e consequentemente a movimentação do aparelho. Ambos os locais escolhidos para a marcação da primeira base e da base ré foram determinados de forma a possibilitar uma perfeita visualização de uma base para a outra (Fig. 5), e nos locais em que o aparelho GPS recebesse o melhor sinal de recepção devido ao posicionamento dos satélites.



Figura 5 – Posicionamento do DGPS e antena, sobre as bases ST-01 (à frente) e ST-00 (ao fundo), utilizadas para a coleta de dados de coordenada, posicionadas de forma a possibilitar uma perfeita visualização de uma base para a outra.

A utilização do DGPS foi de grande importância devido ao aumento na precisão do posicionamento das bases, pois esse receptor permite a compensação dos erros associados aos satélites, à propagação das ondas no meio e os erros associados ao próprio GPS, através de correções nas pseudo-distâncias (*pseudo-ranges* - medidas de distância entre um satélite e um receptor GPS), nas coordenadas de posição ou em outras variáveis de interesse. As correções foram feitas através do *software* Trimble Business Center, a partir dos dados disponibilizados pelo IGBE, da estação de Cananéia, a mais próxima ao local de estudo. As coordenadas obtidas para as bases ST-00 e ST-01 possuem uma precisão horizontal de 0,8 cm, e uma precisão vertical de 1,2 cm.

Os trabalhos de mapeamento foram realizados nas etapas de campo subsequentes, através da Estação Total, marca TopCon, modelo GPT-3200NW, para as medições de ângulos e distâncias entre as bases fixas e as bases flutuantes (pontos de vante), durante o mapeamento do trecho turístico da Gruta da Tapagem (Fig. 6). Para sua utilização, a Estação Total foi posicionada sobre um tripé e posteriormente nivelada. O primeiro nivelamento é feito a partir do ajuste do tripé, através do posicionamento da bolha no centro do visor do nível circular (Fig. 6a), e posteriormente, o segundo nivelamento permite um ajuste de maior precisão do aparelho, através do posicionamento da bolha no centro do visor do nível tubular (Fig. 6b).

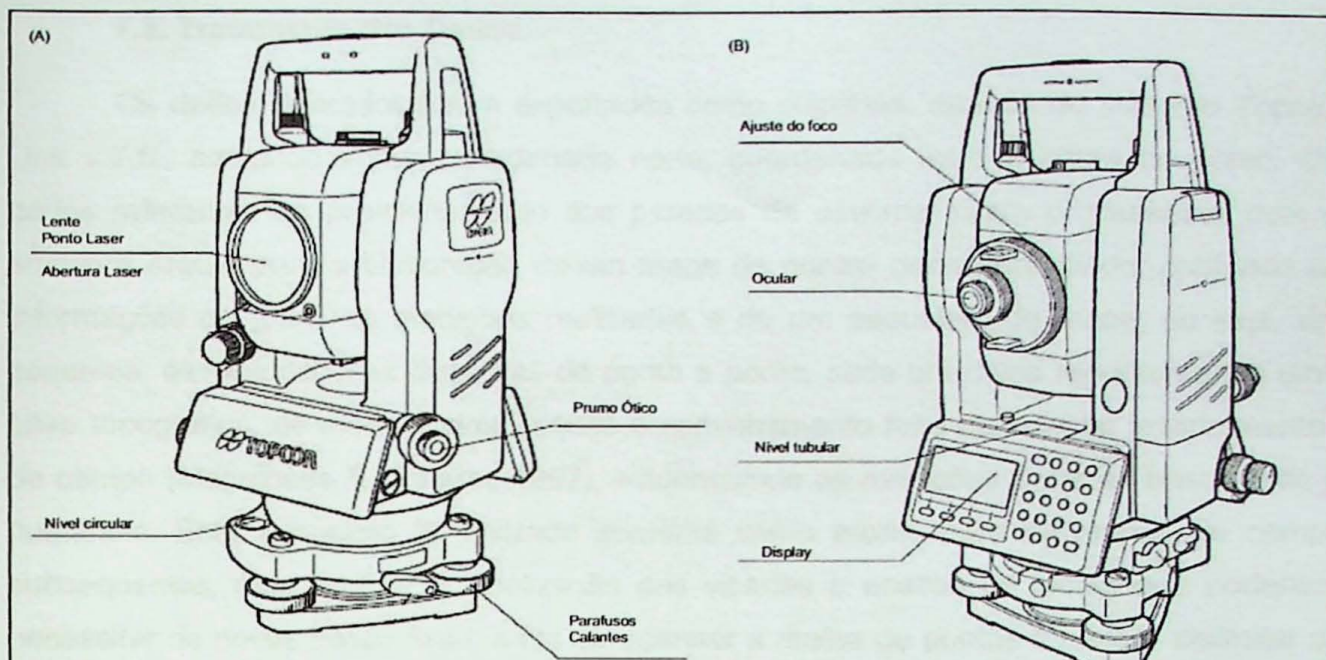


Figura 6 – Representação da Estação Total, TopCon, modelo GPT-3200NW. (A) Localização do nível circular para ajuste inicial. (B) Localização do nível tubular, utilizado para o ajuste de precisão do equipamento. Fonte: Manual GPT3200N.

As medições realizadas através da Estação Total foram feitas a partir da função [F1] Coleta de Dados, no menu principal, e os dados coletados armazenaram as informações de posição sob a forma de latitude, longitude e altura. Após informar o arquivo a ser utilizado para o armazenamento dos dados, deve-se introduzir as informações da base fixa, na qual está posicionado o equipamento (como o nome, altura do aparelho e coordenadas iniciais), através da função [F1] Estação Ocupada, e as informações da base anterior (local onde deve-se posicionar o prisma para a leitura a laser das medidas), através da função [F2] Ré, para que o equipamento calcule a posição relativa das duas bases no espaço, possibilitando sua triangulação com os pontos de vante (bases flutuantes), medidos diretamente nas paredes dos condutos, através da função [F3] Vante/Irradiação.

Nos pontos das bases fixas também foram coletados dados para a confecção de perfis morfológicos. Para isso os dados foram coletados girando-se o aparelho em 360° sobre uma linha de azimuth constante, posicionada preferencialmente de forma perpendicular ao desenvolvimento dos condutos, ou em trechos de maior relevância para a morfologia de determinado salão, obtendo-se assim medidas de posicionamento do chão, paredes e teto.

7.3. Tratamento dos Dados

Os dados coletados foram exportados como planilhas, através do *software* Topcon Link v.7.5., contendo nome, coordenada norte, coordenada leste e altura do ponto. Os dados referentes ao posicionamento das paredes da caverna foram processados com o *software* ArcGis para a elaboração de um mapa de pontos georreferenciado, contendo as informações de todas as medições realizadas e de um esqueleto de mapa, ou seja, um esquema, através de retas dispostas de ponto a ponto, cada um deles representando uma base topográfica, de modo a simular todo o caminhar feito durante os levantamentos de campo (Magalhães & Linhares 1997), evidenciando as medições entre as bases fixas e flutuantes. Este esqueleto foi utilizado somente como auxílio para as etapas de campo subsequentes, para facilitar a localização das visadas e análise de locais que poderiam necessitar de novas bases fixas, a fim de adensar a malha de pontos e melhor delimitar os condutos.

Posteriormente utilizou-se o ArcGIS para a elaboração do mapa final, em planta, que representa com precisão o posicionamento das paredes da caverna. A representação em mapa dos detalhes finais, como declives, espeleotemas e blocos, nos locais julgados representativos destas feições, foram feitas através do *software* CorelDraw.

Os arquivos de medições referentes aos perfis morfológicos foram tratados no Excel para a confecção de gráficos, estes contêm a distância em metros no eixo “x” e a altura do ponto no eixo “y”. Posteriormente foi utilizado o CorelDraw para a elaboração de croquis, para se determinar a forma principal do conduto nos locais de posicionamento das bases fixas, e representar elementos que caracterizem a galeria, como espeleotemas.

7.4. Classificação do Mapa Obtido

A classificação do nível de precisão de um mapa espeleológico é de grande importância, pois permite determinar a fidedignidade de um mapa em relação a cavidade mapeada, estabelecendo parâmetros para comparar a precisão e o nível de detalhes de um mapa espeleológico.

Segundo Rubbioli & Moura (2005), a classificação baseada no sistema da *British Cave Research Association* (BCRA) é o mais antigo e o mais utilizado no Brasil. Neste método, um mapa pode ser classificado em até sete graus de precisão para a linha central da topografia, e pode ser avaliado em até quatro classes de precisão para o detalhamento das galerias, conforme tabela abaixo:

Grau 1	Esboço de baixa precisão, sem medições tomadas em campo.
Grau 2	A ser usado, somente se necessário (ver nota 7), para descrever um esboço com precisão intermediária entre os Graus 1 e 3.
Grau 3	Levantamento magnético de baixa precisão $\pm 2,5^\circ$ e distâncias medidas com precisão ± 50 cm; erro de posição da base menor que 50 cm.
Grau 4	A ser usado, somente se necessário (ver nota 7), para descrever um levantamento que, apesar de mais preciso que o Grau 3, não tenha alcançado os requisitos do Grau 5.
Grau 5	Levantamento magnético. Ângulos horizontal e vertical medidos com precisão $\pm 1^\circ$, distâncias medidas com precisão de 1 cm e erro de posição da base menor que 10 cm.
Grau 6	Levantamento magnético com precisão maior que a de Grau 5 (ver nota 5).
Grau X	Levantamento topográfico utilizando-se teodolito ou Estação Total ao invés de bússola (ver notas 6 e 10).

Tabela 1 – Graus BCRA de precisão para a linha central da topografia. (Robbioli & Moura, 2005).

Notas sobre a tabela 1:

1. A tabela acima é um sumário e deve ser utilizada apenas para facilitar a memorização; as definições dos graus de topografia mencionados acima devem ser usados apenas em conjunto com estas notas.
2. Em todas as situações é necessário que se use o “espírito” destas definições, sem que se as siga ao “pé da letra”.
3. Na obtenção do Grau 3 é necessário o uso do clinômetro.
4. Na obtenção do Grau 5 é essencial que os instrumentos estejam calibrados. Todas as medidas devem ser tomadas de um ponto inserido em uma esfera com diâmetro de 10 cm e centrada na base topográfica.
5. Uma topografia Grau 6 exige que a bússola e o clinômetro sejam lidos no limite possível de sua precisão, $\pm 0,5^\circ$. Erros de posição da base topográfica devem ser menores que $\pm 2,5$ cm, o que torna necessário o uso de tripés ou outra forma de se fixar o ponto, em todas as bases topográficas.
6. Uma topografia de Grau X deve incluir no desenho notas descritivas dos instrumentos e das técnicas utilizadas, além de uma estimativa da provável precisão da topografia quando comparada com as topografias de Grau 3, 5 ou 6.
7. Os Graus 2 e 4 são usados somente quando, durante o processo da topografia, as condições geofísicas tenham prejudicado a obtenção dos requisitos para o Grau superior mais próximo e a retopografia seja inviável.

8. Organizações espeleológicas estão autorizadas a reproduzir as tabelas 1 e 2 em suas publicações, não sendo necessária permissão da BCRA para isso. Entretanto, as tabelas não podem ser reproduzidas sem estas notas.

9. O Grau X é apenas potencialmente mais preciso que o Grau 6. Não se deve esquecer que o teodolito/Estação Total é um instrumento de precisão complexo, cujo manejo requer treinamento específico e prática regular a fim de que não sejam inferidos sérios erros durante sua utilização.

10. Para obtenção do Grau 5, na plotagem do desenho, as coordenadas da topografia devem ser calculadas e não desenhadas a mão com régua, escalímetro e transferidor.

A	Detalhes das galeria baseados na memória.
B	Detalhes das galeria estimados e anotados na caverna.
C	Medidas de detalhe realizadas apenas nas bases topográficas.
D	Medidas de detalhe realizadas nas bases topográficas e entre elas, de modo a representar mudanças morfológicas na galeria.

Tabela 2 – Graus BCRA para registro de detalhes do conduto. (Robbioli & Moura, 2005).

Notas sobre a tabela 2:

1. A precisão dos detalhes dos condutos deve ser similar à precisão da linha de trena.

2. Normalmente, apenas uma das seguintes combinações deve ser usada na graduação da topografia: 1A; 3B ou 3C; 5C ou 5D; 6D; XA, XB, XC ou XD.

Segundo as classificações acima descritas, o mapa espeleológico obtido no presente trabalho de formatura possui a classificação XD – BCRA – 2013.

11. RESULTADOS OBTIDOS

A primeira etapa de campo destinou-se à coleta dos dados de coordenadas de duas bases localizadas na parte externa da caverna, próximas a ponte sobre o Rio das Ostras e guarita. Após a correção através dos dados disponibilizados pelo IBGE para a estação de Cananéia, dos dias 19 e 20 de maio de 2013, os dados obtidos foram 7632992,018E e 7272611,069N, com altitude de 441,132 metros, para a base ST-00, e 763023,265E e 7272634,082N, com altitude de 439,339 metros para a base ST-01, ambos com precisão vertical de 0,012 metros e precisão horizontal de 0,008 metros.

Os dados coletados na segunda etapa de campo não foram utilizados para a confecção do mapa final, pois foi observado que os mesmos não apresentaram resultados satisfatórios, devido a dificuldades encontradas nesta etapa com a adaptação ao manuseio do equipamento, o que gerou problemas com a transferência das bases para o interior da caverna, sendo necessário introduzir dados de posição nas coordenadas X,Y e Z como 0,0,0 para poder ser iniciado os trabalhos diretamente dentro da caverna, e posteriormente seria feita a coleta das coordenadas das bases externas e ajustes para “amarrar” os dados interno e externos. Porém, ao trabalhar estes dados em escritório, foram notadas falhas que comprometeriam o resultado final, sendo assim optou-se pelo descarte dos mesmos e recoleta na terceira e quarta etapas.

Foi obtido um total de 1764 pontos, caracterizando uma densa malha, subdividida em 22 pontos de base fixa, 1399 medições nas paredes da caverna, 101 medições em colunas, estalagmites, estalagmites com formato de vela e blocos, 52 pontos contornando a pilha de sedimentos no Salão da Catedral e 343 pontos medidos nas passarelas e escadarias, disponibilizados em CD anexo.

A partir dos dados acima citados, obteve-se um mapa de pontos, e posteriormente o mapa final, representando com precisão o desenvolvimento dos condutos. No anexo 1 é apresentado o mapa georreferenciado obtido neste projeto, grau XD - BCRA.

Optou-se por não ser realizada a coleta de dados no trecho inferior da Gruta Tapagem, por onde segue o Rio das Ostras, porque não faz parte do trecho turístico da caverna, já que não possui visitação, e o equipamento utilizado não ser adequado ao local, devido a sua fragilidade, e a presença de muitos blocos que dificultariam as visadas e o posicionamento da estação total de forma a ficar estável, além do risco de se trabalhar com o equipamento posicionado parcialmente dentro d'água.

Para a confecção dos 16 perfis morfológicos foram coletados 1244 pontos, disponibilizados em CD anexo, e esses dados foram coletados nos locais de posicionamento das principais bases fixas, de modo a representar locais com morfologia

significativa do desenvolvimento dos condutos, na figura 7 pode ser observada a localização dos perfis morfológicos realizados. Posteriormente, esses dados foram convertidos em gráficos, representativos da altura e do distanciamento relativo entre os pontos. Esses gráficos foram utilizados para a elaboração dos croquis, nos quais procurou-se representar além das paredes e tetos dos condutos, alguns detalhes que caracterizam o ambiente, como a presença de alguns espeleotemas, ou outros elementos presentes.

Observou-se que para a elaboração dos perfis morfológicos através da estação total, é indispensável a utilização do método tradicional com o desenho dos croquis na caderneta de campo, pois facilita a interpretação dos gráficos gerados após o processamento dos dados. Quando o equipamento tem seu giro travado na horizontal, para que não ocorram modificações no azimute de coleta dos dados, algumas vezes o *laser* de medição intercepta um espeleotema, ao invés de interceptar, por exemplo, um ponto no teto, o que pode gerar dúvidas na diferenciação de pontos referentes a paredes, teto e chão, e de pontos referentes a elementos internos como blocos e espeleotemas.

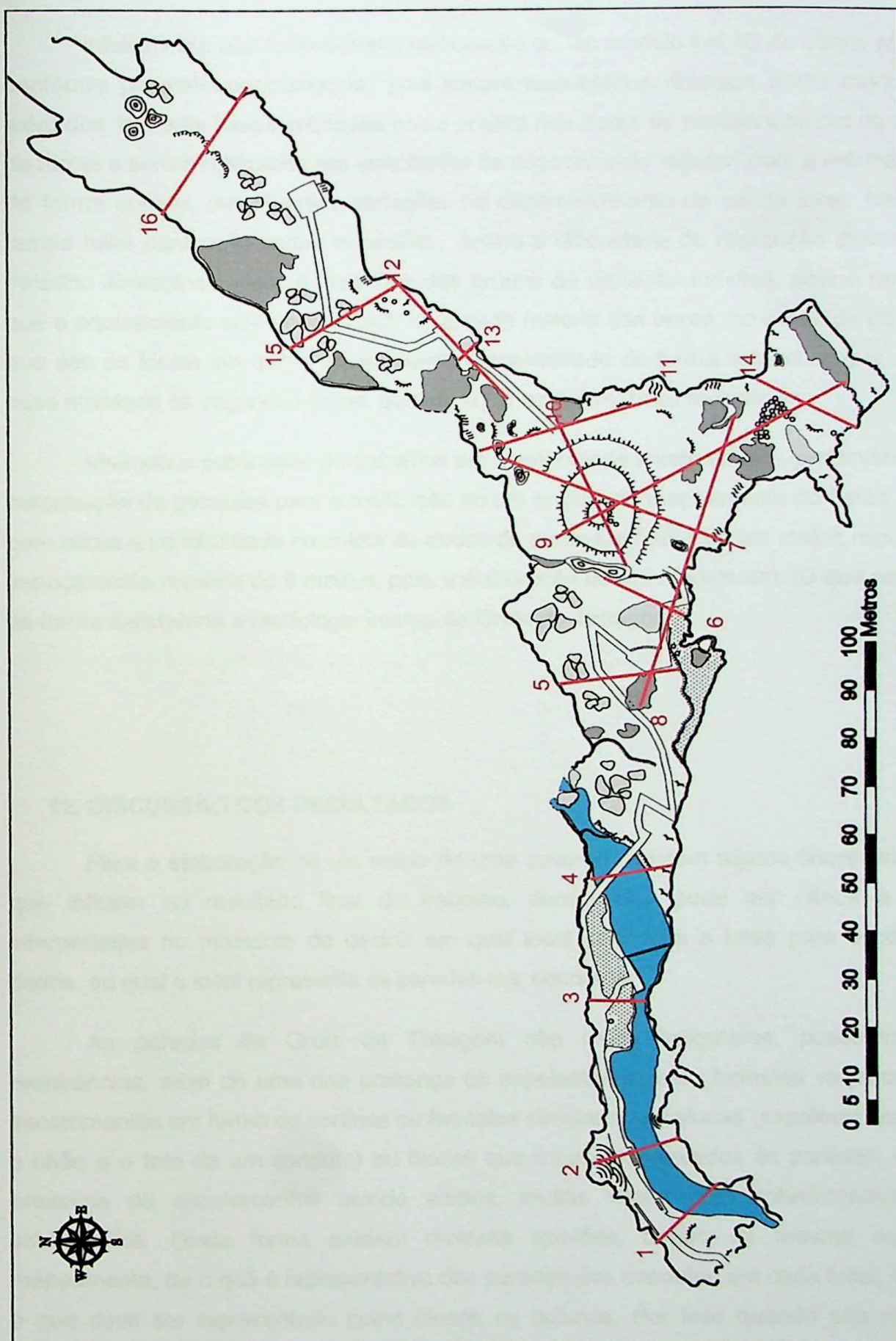


Figura 7 – Mapa da Gruta da Tapagem com locação dos perfis morfológicos elaborados.

Pretendia-se, adicionalmente, realizar o mapeamento do Salão Erectus, porém como não integra o setor turístico da Gruta da Tapagem, e devido à fragilidade do ambiente, é necessário a obtenção de uma autorização de pesquisa especial para este trecho.

Infelizmente não foi possível a elaboração de um modelo em 3D do trecho mapeado, conforme proposto originalmente, pois seriam necessários diversos perfis morfológicos, além dos 18 perfis bases coletados neste projeto nos locais de posicionamento da estação, de forma a serem realizados em uma malha de espaçamento regular, para a representação, de forma correta, das diversas variações no desenvolvimento do carste local. Não houve tempo hábil para essa coleta específica, devido a dificuldade de realização desse tipo de trabalho simultaneamente à presença dos grupos de visitação turística, pois é necessário que o equipamento seja posicionado, na grande maioria das vezes, no locais de passagem, que são os locais em que o equipamento é posicionado de forma estável, o que restringe esse atividade às segundas-feiras, quando o parque permanece fechado.

Visando a publicação de trabalhos em continuidade a este estudo, pretende-se obter autorização de pesquisa para a realização de um projeto de mapeamento do Salão Erectus, bem como a continuidade na coleta de dados de perfis morfológicos em malha regular, com espaçamento máximo de 5 metros, para a elaboração de um modelo em 3D que represente se forma satisfatória a morfologia interna da Gruta da Tapagem.

12. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para a elaboração de um mapa de uma caverna, existem alguns fatores subjetivos que influem no resultado final do trabalho, dentre eles pode ser citada a parcela interpretativa no momento de decidir em qual local será feita a base para a coleta dos dados, ou qual o local representa as paredes dos condutos.

As paredes da Gruta da Tapagem são muito irregulares, possuem muitas reentrâncias, além de uma rica presença de espeleotemas com formatos variados, desde escorrimentos em forma de cortinas ou formatos circulares, a colunas (espeleotemas unindo o chão e o teto de um conduto) ou blocos que foram incorporados às paredes, devido a presença de escorrimentos unindo ambos, muitas vezes com sobrecrecimento de estalagmites. Desta forma existem diversas opiniões, dentro da mesma equipe de mapeamento, de o quê é representativo das paredes dos condutos em cada local, e mesmo o que deve ser representado como blocos ou colunas. Por isso quando são realizadas diversas etapas de mapeamento, utilizando equipes diferentes, como ocorreu durante a

realização do último mapeamento espeleológico da Gruta da Tapagem realizado durante a década de 1990, através do PROCAD (Projeto Caverna do Diabo), por mais experientes que sejam os espeleólogos envolvidos, sempre haverá um conflito de opiniões, ou diferenças na execução do método de trabalho, o que influi no resultado final do trabalho.

Na figura 8 pode ser observado o mapa espeleológico da Gruta da Tapagem realizado pela SEE (Sociedade Excursionista Espeleológica) em 1966, na figura 9 o mapa realizado pelo PROCAD, finalizado em 2006 durante a 3ª fase do projeto (Figueiredo, 2007).

O primeiro mapa retrata com uma grande riqueza de detalhes os elementos internos da caverna, e é um mapa de grande valor histórico, já que preserva a representação dos elementos naturais que hoje em dia, infelizmente, não fazem mais parte de sua paisagem interior. Ao compará-lo com o mapa da figura 9 observa-se que houve modificações antrópicas significativas em sua paisagem interior, dentre elas cita-se a retirada de duas pilhas de sedimentos, uma próxima à entrada da caverna e outra, de menor tamanho, ao lado da grande pilha existente no Salão da Catedral, para o aplainamento do terreno, e a construção de passarelas e escadarias adaptadas ao acesso turístico em massa, além da construção de duas barragens, dentro da caverna, no Rio das Ostras, o que culminou na redução da velocidade de fluxo do rio, acarretando um acúmulo de seixos e sedimentos, que gradativamente contribuem para o assoreamento do rio, influenciando diretamente no desenvolvimento atual deste sistema cárstico.

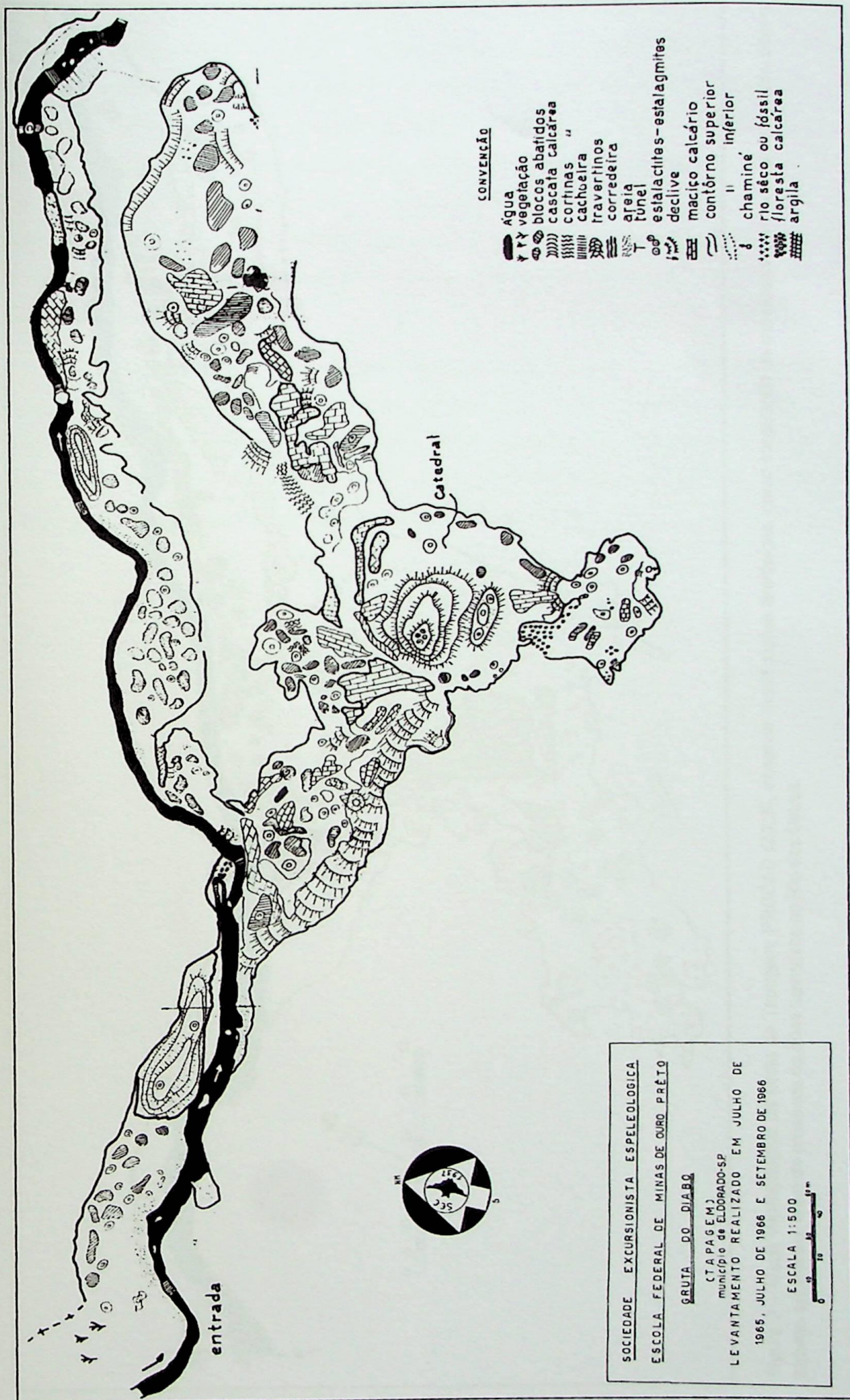


Figura 8 – Mapa espeleológico da Gruta da Tapagem, SEE (1966), evidenciando a morfologia, e localização de elementos naturais da caverna, anteriores às modificações antrópicas para o turismo em massa.

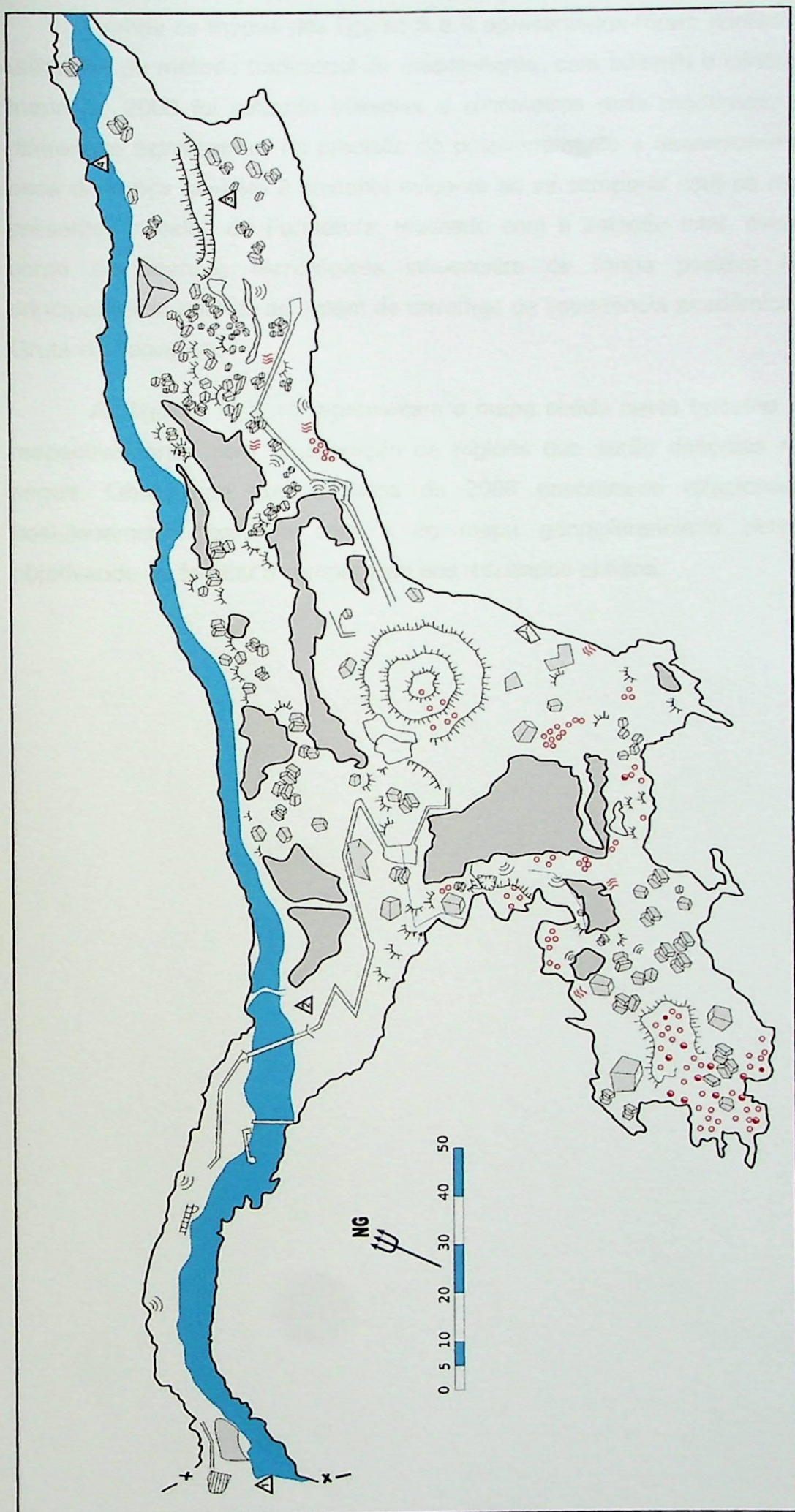


Figura 9 – Mapa espeleológico da Gruta da Tapagem, PROCAD (2006), observar modificações antrópicas, como construção de passarelas e escadarias adaptadas para o turismo em massa. além da presença de duas barragens no Rio das Ostras.

Ambos os mapas das figuras 8 e 9 apresentados foram confeccionados através da utilização do método tradicional de mapeamento, com bússola e clinômetro, porém para o mapa de 2006 foi utilizado bússolas e clinômetros mais modernos, por isso apresenta diferenças significativas na precisão do posicionamento e desenvolvimento dos condutos, essa diferença também é bastante evidente ao se comparar com os resultados obtidos no presente Trabalho de Formatura, realizado com a estação total, evidenciando, portanto, como os avanços tecnológicos influenciam de forma positiva nos mapeamentos, principalmente quando se tratam de cavernas de importância acadêmica e turística, como a Gruta da Tapagem.

As figuras 10 e 11 representam o mapa obtido neste trabalho e o mapa de 2006, respectivamente, com enumeração de regiões que serão descritas nas comparações a seguir. Observa-se que o mapa de 2006 encontra-se rotacionado, para que seu posicionamento coincida com o do mapa georreferenciado obtido neste trabalho, objetivando-se facilitar a comparação dos resultados obtidos.

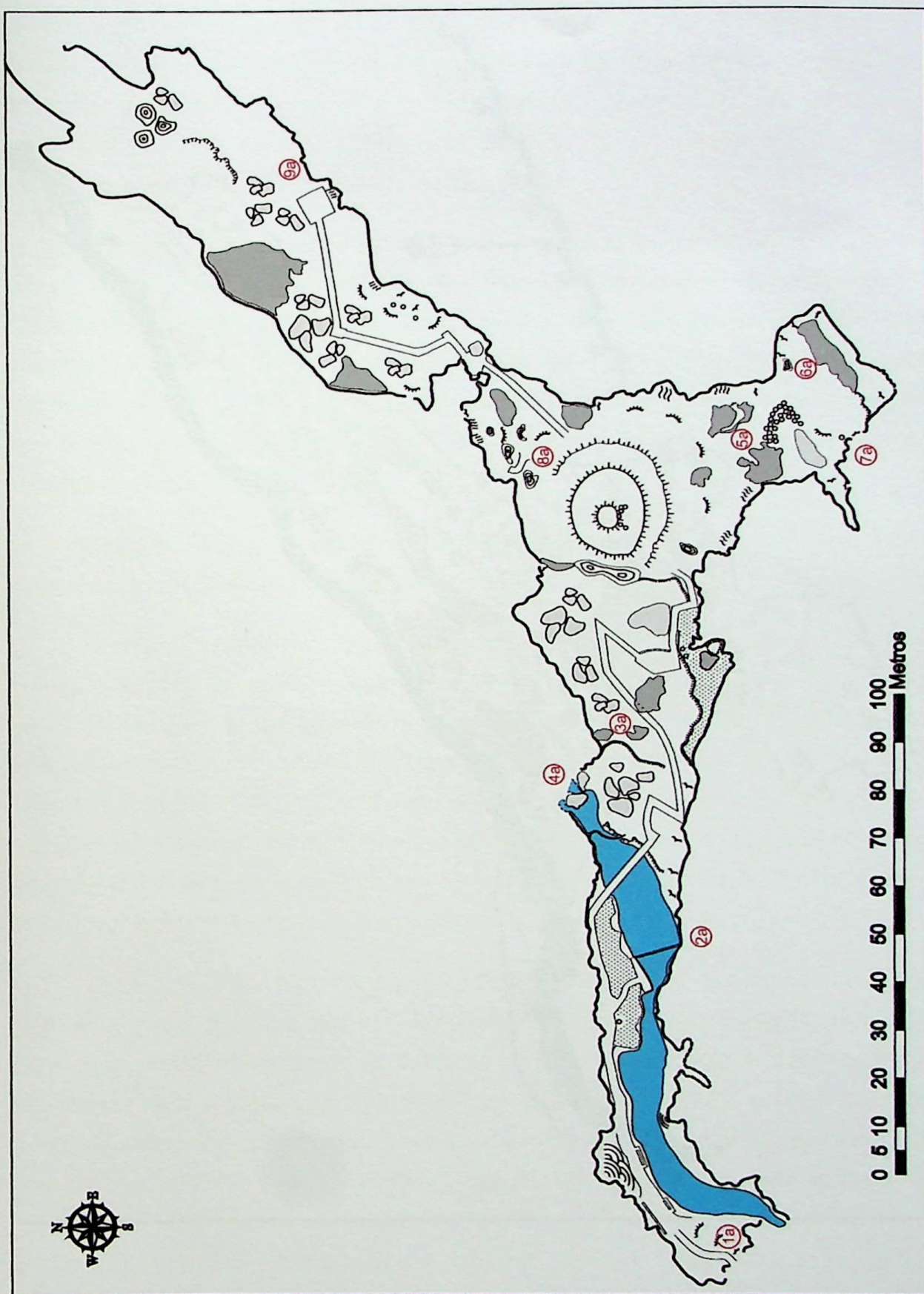


Figura 10 – Mapa da Gruta da Tapagem, feito através de estação total, com enumeração dos trechos comparados a seguir.

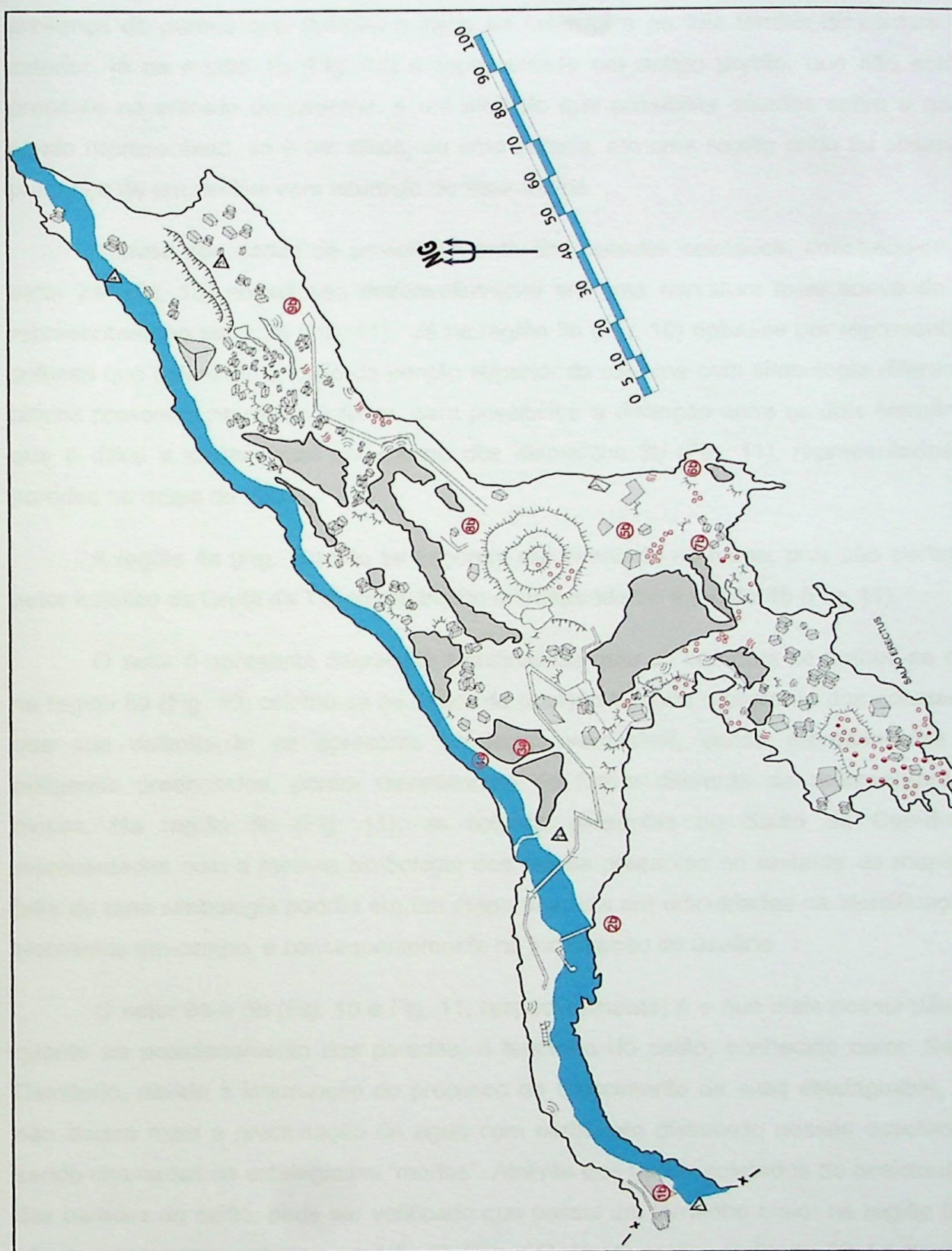


Figura 11 – Mapa PROCAD (2006) com enumeração dos trechos comparados a seguir.

A primeira região analisada representa o trecho inferior da caverna, até a ponte, por onde passa o Rio das Ostras, observa-se que ambos os mapas apresentam uma semelhança razoável, porém a região 1a (Fig. 10) representa melhor a entrada, com a presença da parede que delimita o início da caverna e as três fendas de contato com o exterior, já na região 1b (Fig. 11) é representado um antigo portão, que não está mais presente na entrada da caverna, e um símbolo que possibilita dúvidas sobre o que está sendo representado, se é um bloco, ou uma parede, em uma região onde foi observada a presença de um declive com acúmulo de sedimentos.

Através dos dados de posicionamento das paredes coletados, constatou-se que o setor 2a (Fig. 10) possui seu desenvolvimento em uma curvatura mais suave do que a representada no setor 2b (Fig. 11). Já na região 3a (Fig. 10) optou-se por representar as colunas que delimitam o início da porção superior da caverna com simbologia diferente dos blocos presentes na região inferior, para possibilitar a distinção entre os dois elementos, já que é difícil a identificação em campo dos elementos 3b (Fig. 11), representados como paredes no mapa de 2006.

A região 4a (Fig. 10) não se encontra representada no mapa, pois não pertence ao setor turístico da Gruta da Tapagem, trecho correspondente à região 4b (Fig. 11).

O setor 5 apresenta diferenças significativas quando compara-se ambos os mapas, na região 5a (Fig. 10) coletou-se os dados de posição de todo o contorno das colunas, para que sua delimitação se apresente de forma verossímil, sendo representadas como polígonos preenchidos, porém representado de forma diferente da representação dos blocos. Na região 5b (Fig. 11), as colunas presentes no Salão da Catedral são representadas com a mesma simbologia dos blocos presentes no restante do mapa, essa falta de uma simbologia padrão em um mapa acarreta em dificuldades na identificação dos elementos em campo, e consequentemente na localização do usuário.

O setor 6a e 6b (Fig. 10 e Fig. 11, respectivamente) é o que mais possui diferenças quanto ao posicionamento das paredes, e tamanho do salão, conhecido como Salão do Cemitério, devido à interrupção do processo de crescimento de suas estalagmites, já que não ocorre mais a precipitação de água com carbonato dissolvido nesses espeleotemas, sendo chamadas de estalagmites "mortas". Através dos dados coletados do posicionamento das paredes do salão, pode ser verificado que possui um tamanho maior na região 6a (Fig. 10) do que o representado na região 6b (Fig. 11). Neste salão, na figura 10, foi demarcado em linha tracejada o contorno de um pequeno conduto, pois refere-se a um conduto inferido, porque como se trata de um conduto estreito e de altura baixa, é inviável a realização de medições através da estação total, devido às dimensões superiores do equipamento.

A região 7a (Fig. 10) encontra-se em aberto, pois se refere ao Salão Erectus, setor 7b (Fig. 11), não pertencente ao setor turístico da Gruta da Tapagem, de onde pretende-se continuar o mapeamento, em trabalhos futuros de continuidade ao realizado neste projeto, mediante a autorização de pesquisa especial para este trecho, devido a fragilidade de seu ambiente e densidade de espeleotemas presentes.

Verificou-se que, a partir do conduto ao lado da entrada do Salão Erectus, existe uma passagem para este salão, através de uma fenda localizada na porção superior da parede do conduto, que não estava representada no mapa da figura Y. Outro problema identificado no mapa de 2006 é que o Salão Erectus é representado sem indicações de ser um salão suspenso, o que dificulta a interpretação do mapa pelo usuário em campo, dificultando a localização do usuário.

No setor 8a (Fig. 10) procurou-se representar com um maior número de detalhes os espeleotemas presentes, como colunas, estalagmites, espeleotemas em formato de cortinas, e declives importantes, verificou-se também a existência de uma passagem para um pequeno salão inferior, que provavelmente possui ligação com o setor inferior da caverna, região por onde segue o Rio das Ostras. No setor 8b (Fig. 11) ocorre o mesmo problema de representação da região 5b, com espeleotemas sendo representados como blocos, ocasionando dúvidas na interpretação do mapa.

O último trecho do setor turístico da Gruta da Tapagem é o que mais apresenta semelhanças nos dois mapas comparados, regiões 9a e 9b (Fig. 10 e Fig. 11, respectivamente). Na região 9a, encontram-se dois polígonos de coloração cinza escura que representam espeleotemas sobrecrescidos a blocos, que fazem parte da parede da caverna se observado deste nível superior do conduto, foram representados com um pequeno espaçamento da parede, pois abaixo desses espeleotemas existe passagem, por onde passa o Rio das Ostras.

A seguir são apresentados os perfis morfológicos elaborados nos principais locais de posicionamento das bases fixas. A localização dos perfis em planta pode ser observada na figura 7, do item 8.

A partir da análise dos perfis morfológicos obtidos nos principais locais de posicionamento das bases fixas, observa-se que a configuração espacial dos condutos da Gruta da Tapagem possuem uma morfologia bastante variada, possuindo o eixo maior de seu desenvolvimento de forma a acompanhar o Rio das Ostras.

Observa-se que o conduto inferior, correspondente à entrada da caverna, até a região onde está localizada a ponte sobre o Rio das Ostras, perfis 1 a 4 (Fig 12 a 15) é caracterizado por ter uma largura variando entre 15 a 20 metros, e altura do teto em relação

ao rio variando de 8 a 15 metros. Através dos perfis é possível observar que o teto dessa região possui um formato aproximadamente reto, essa feição cárstica é associada ao desenvolvimento do conduto com posterior subida do lençol freático, que escava o teto de maneira uniforme, gerando superfícies lisas e aplainadas. Pode ser observado também a presença de seixos e sedimentos grudados em algumas regiões do teto desse conduto, caracterizando períodos de entupimento com sedimentos e blocos, e posterior retirada desse material com a subida do nível d'água.

Posteriormente houve o crescimento de estalactites, e espeleotemas em formato de cortinas ou escorrimentos arredondados que atualmente caracterizam esse ambiente. A figura 16 ilustra as características da porção inicial do conduto, próximo à entrada da caverna, a base (ST-06), e a figura 17, a porção final deste trecho, com início da porção superior da Gruta da Tapagem, em direção ao Salão da Catedral.

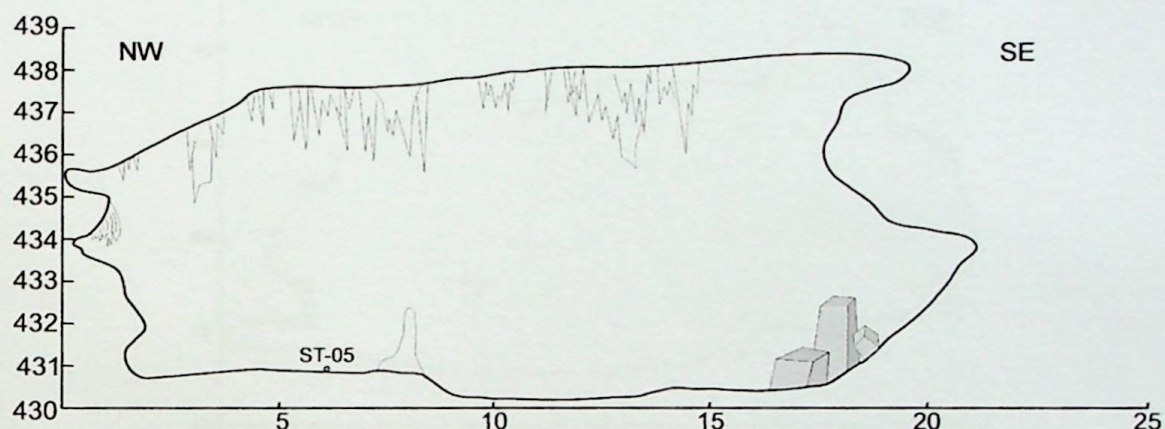


Figura 12 – Perfil 1.

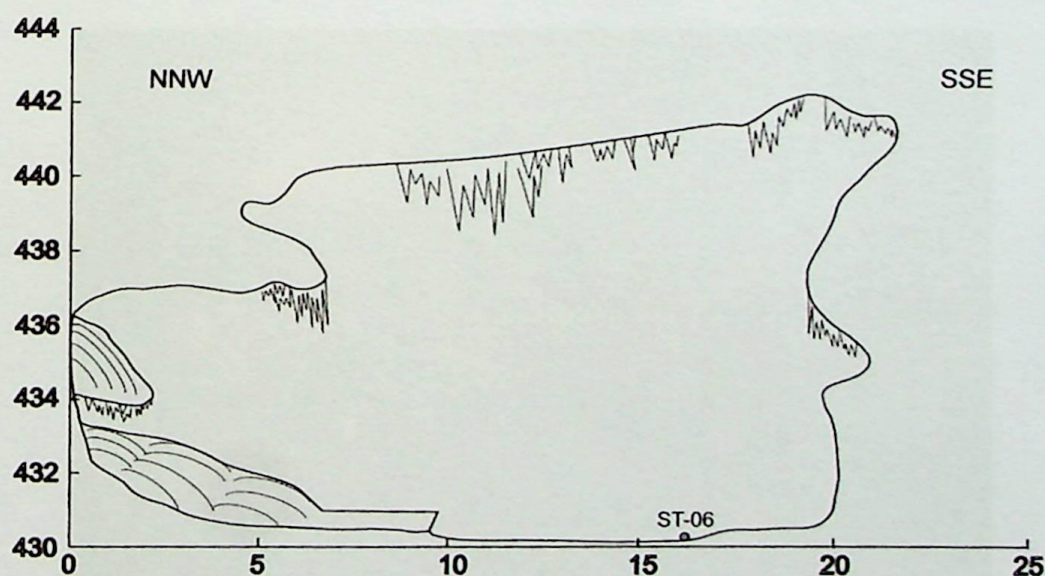


Figura 13 – Perfil 2.

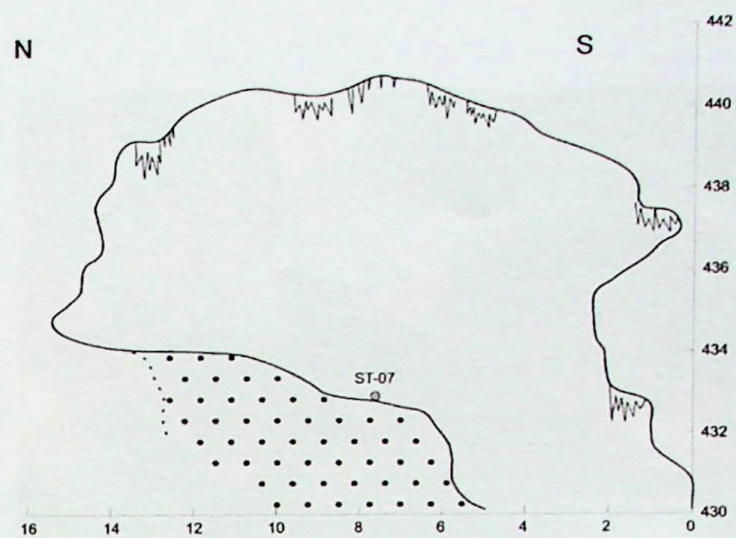


Figura 14 – Perfil 3.

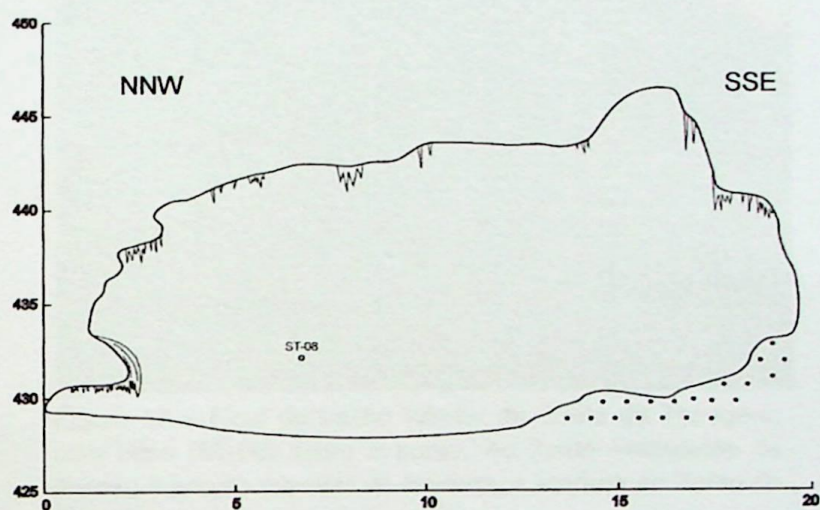


Figura 15 – Perfil 4.

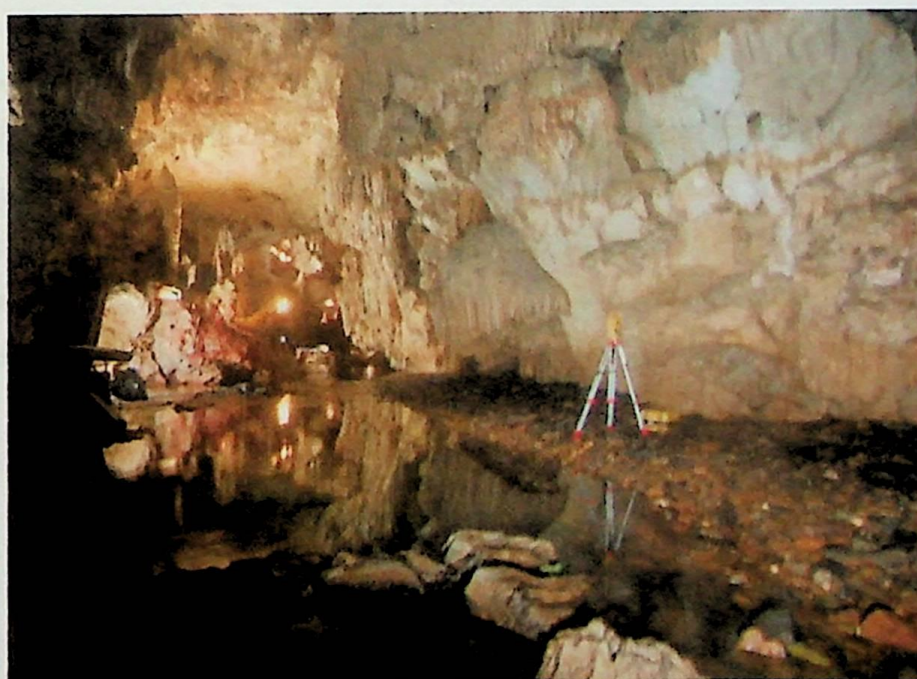


Figura 16 - Porção inicial do conduto inferior da Gruta da Tapagem, próximo à entrada da caverna, a base (ST-06).



Figura 17 – Final do trecho inferior da Gruta da Tapagem, com base (ST-08) sobre a ponte. Ao fundo escadarias de acesso à porção superior da caverna, e entrada do Salão da Catedral.

Os perfis morfológicos de números 5 e 6 (Fig 18 e 19) , representam a variação de altura do teto do conduto superior, antes do Salão da Catedral, possuindo um desnível de aproximadamente 35 metros com relação ao teto do trecho anterior, possuindo a cota máxima de 480 metros de altitude (referência ao nível do mar). Neste perfil está representada a posição das paredes do conduto até próximo a cota de 455m, pois é o último ponto visível com o equipamento posicionado na ST-11, devido a presença de muitos blocos no local. Considerando que o nível d'água deste conduto está na cota aproximada de 428m, observa-se que o desnível do teto em relação ao rio, neste ponto é de aproximadamente 52 metros.

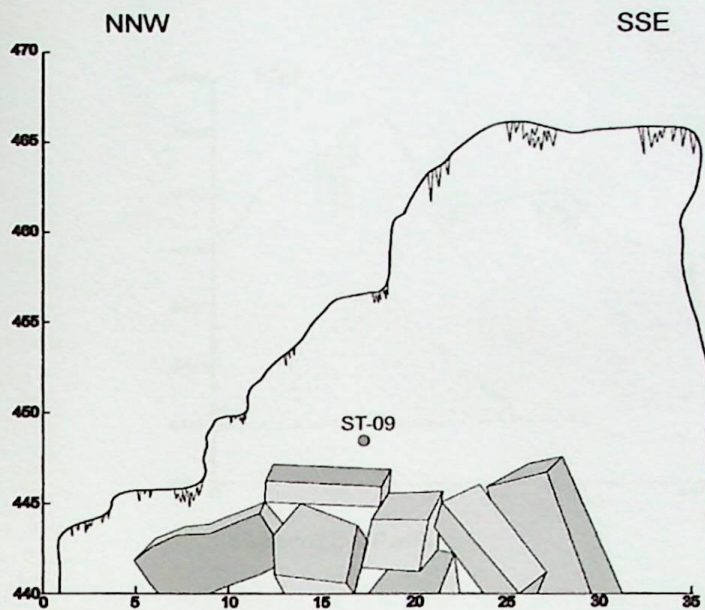


Figura 18 – Perfil 5.

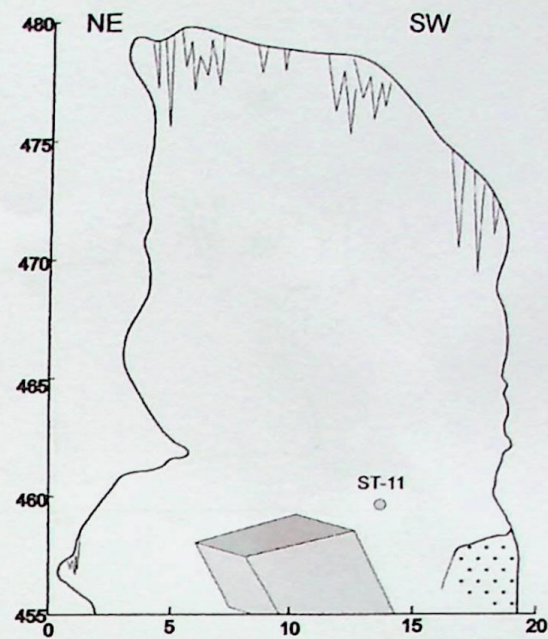


Figura 19 – Perfil 6.

Os perfis de número 7 a 11 (Fig. 20 a 24) objetivam a caracterização do Salão da Catedral, que possui, aproximadamente, 40 metros de comprimento, por 60 metros de largura, e 35 metros de altura na região da chaminé acima da pilha de sedimentos. Verifica-se que o teto deste salão encontra-se aproximadamente a 67 metros acima do nível do Rio das Ostras.

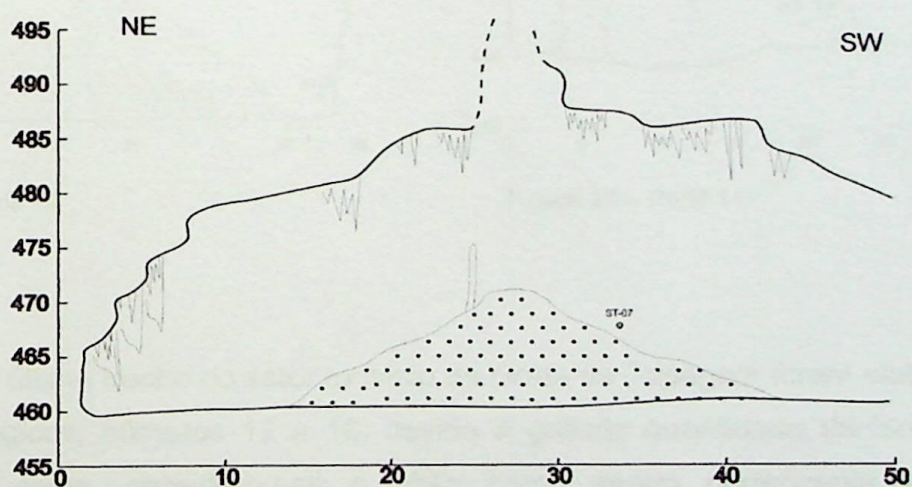


Figura 20 – Perfil 7.

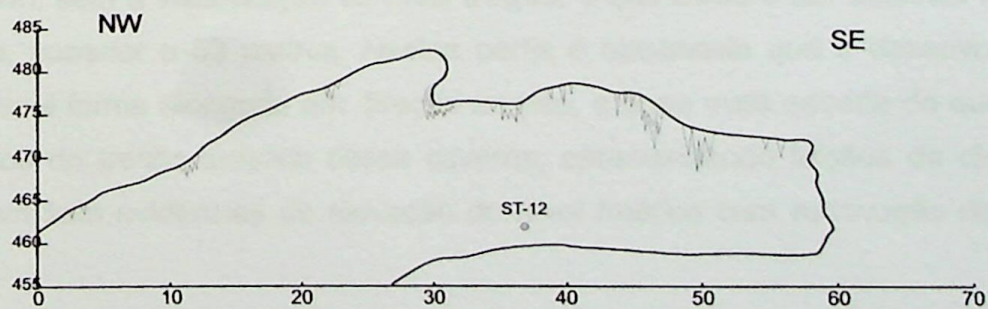


Figura 21 – Perfil 8.

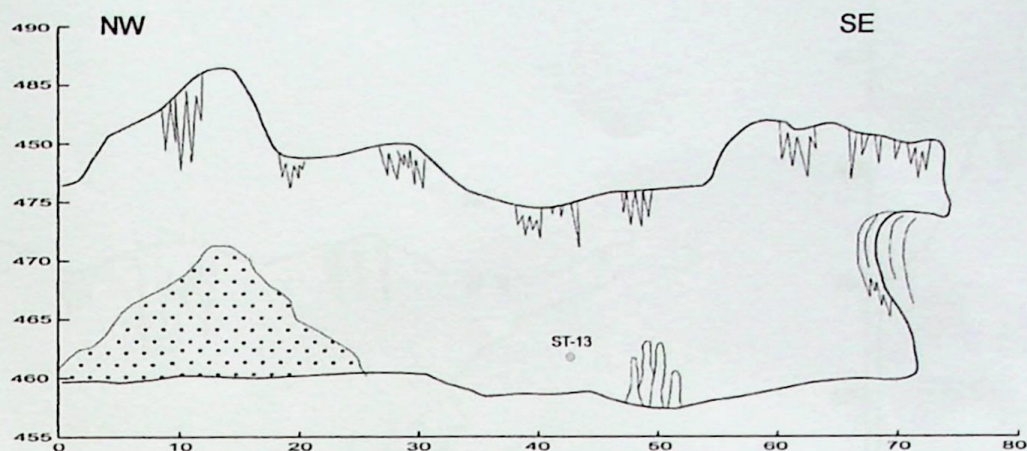


Figura 22 – Perfil 9.

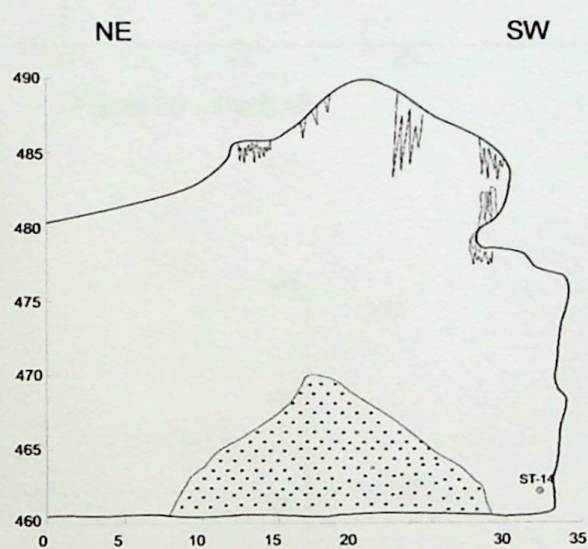


Figura 23 – Perfil 10.

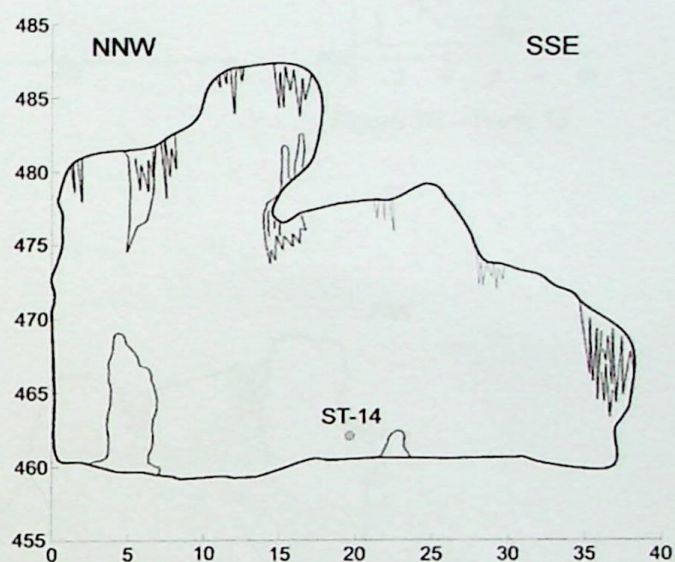


Figura 24 – Perfil 11.

Para o último trecho do setor turístico da Gruta da Tapagem foram elaborados quatro perfis morfológicos, números 12 a 16, devido a grande quantidade de blocos presentes neste último salão, considerou-se o chão como sendo pertencente à cota 452m, representado no perfil 16. A última medida de posição coletada para este trecho pertence à cota de 427m, sem a visualização do nível d'água, o que confere um desnível total, entre o teto e o rio, superior a 53 metros. Nestes perfis é observado que o desenvolvimento do contudo possui forma alongada em direção ao teto, e base mais estreita do que o restante dos condutos do trecho turístico dessa caverna, caracterizando feições de dissolução da rocha, porém sem evidências de elevação do nível freático com escavação do teto, neste trecho.

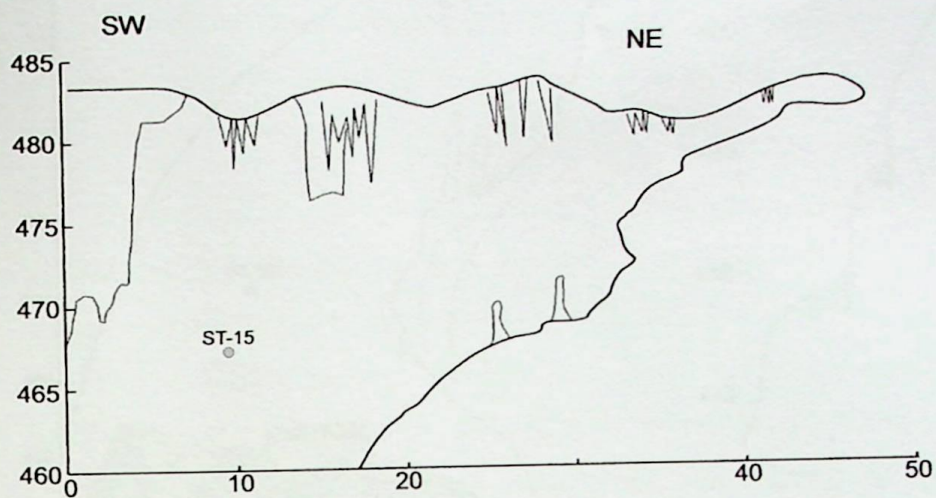


Figura 25 – Perfil 12.

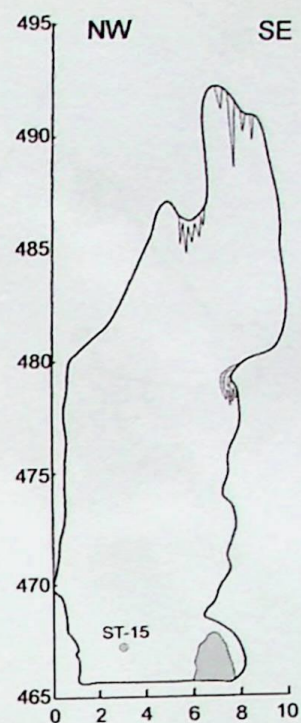


Figura 26 – Perfil 13.

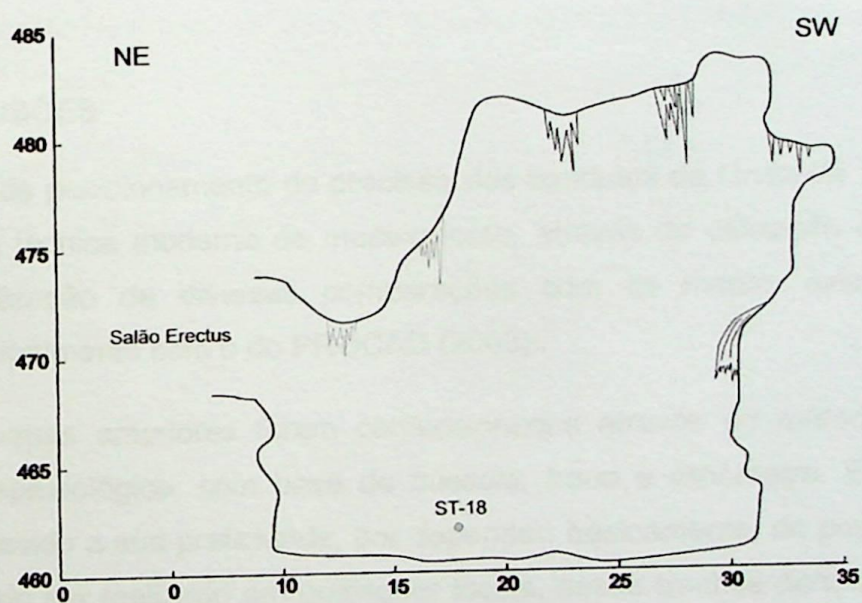


Figura 27 – Perfil 14.

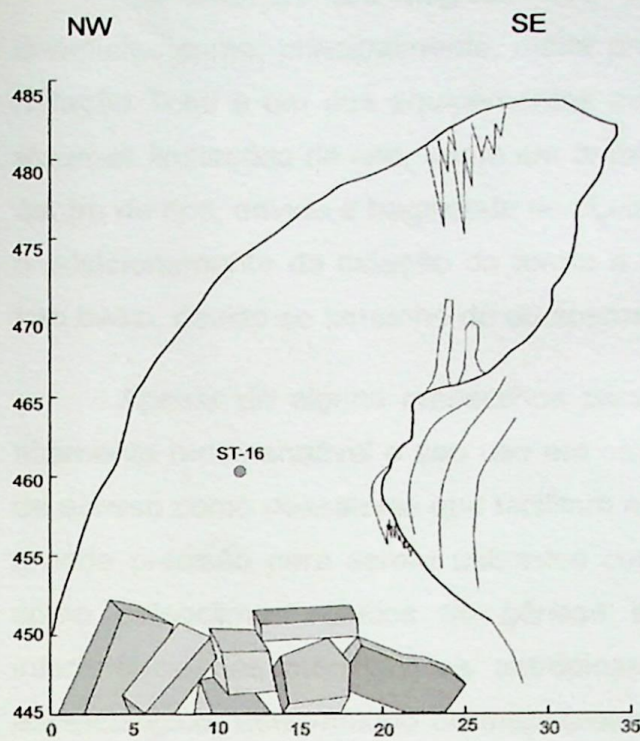


Figura 28 – Perfil 15.

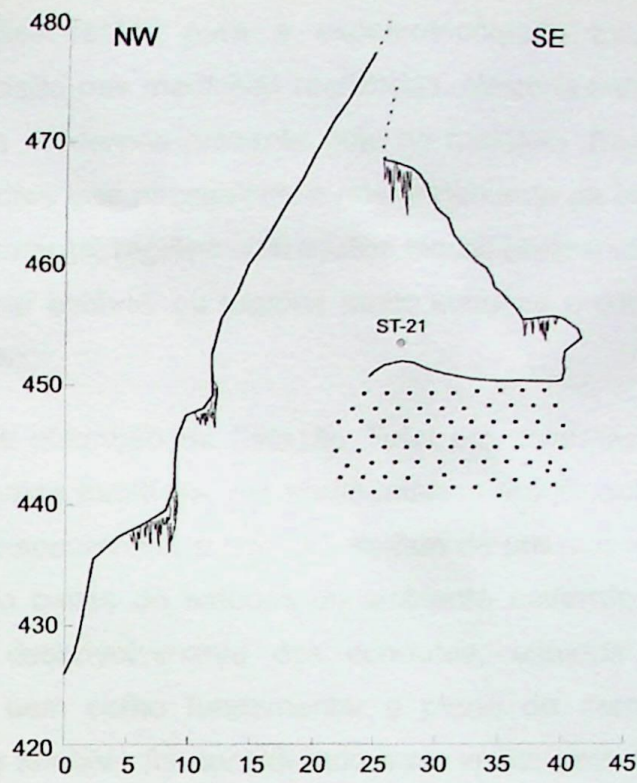


Figura 29 – Perfil 16.

13. CONCLUSÕES

O mapa de posicionamento de precisão dos condutos da Gruta da Tapagem, obtido através de uma técnica moderna de mapeamento, através da utilização da estação total, permitiu a realização de diversas comparações com os mapas existentes de anos anteriores, principalmente com o do PROCAD (2006).

Esses mapas anteriores foram confeccionados através do método tradicional de mapeamento espeleológico, com base de bússola, trena e clinômetro. Esse método é o mais utilizado devido a sua praticidade, por depender, basicamente, do posicionamento das equipes, podendo ser realizado em quaisquer locais, desde trechos dentro de rios, trechos com muitos blocos, salões gigantescos a pequenas fendas ou condutos estreitos, devido ao tamanho reduzido dos equipamentos utilizados.

Porém apresentam um grau de confiabilidade muitas vezes contestável, já que possibilita a interferência de muitos tipos de erros, como os erros de leitura de bússola, clinômetro ou trena, os erros intrínsecos aos instrumentos (precisão, resolução de graduação, atrito, etc), os erros de posicionamento das bases, principalmente por variação na altura das visadas, erros de representação gráfica devido à falta de processamento dos dados, além da influência das condições adversas do trabalho, como o cansaço da equipe, a falta de tempo, dentre outros, comprometendo, portanto, o resultado final do mapa.

Os avanços tecnológicos nos equipamentos para a espeleotopografia trazem benefícios como, principalmente, maior precisão nas medições realizadas. Neste quesito a Estação Total é um dos equipamentos mais modernos presente hoje no mercado. Possui algumas limitações de uso, como em ambientes que necessitam o posicionamento da base dentro de rios, devido à fragilidade do equipamento, regiões com muitos blocos onde é difícil o posicionamento da estação de forma a ficar estável, ou regiões muito estreitas e com o teto baixo, devido ao tamanho do equipamento.

Apesar de alguns empecilhos para a utilização da Estação Total em cavernas, é altamente recomendável o seu uso em cavernas turísticas, por apresentarem modificações de acesso como passarelas que facilitam o mapeamento, e que necessitam de um mapa de grande precisão para serem utilizados como bases de estudos do ambiente cavernícola, como paleoclima, estudos de gênese e desenvolvimento dos condutos, estudos de interferência das modificações antrópicas, bem como fundamentar o plano de manejo espeleológico. Este método de mapeamento também foi considerado mais veloz, pois não depender do tempo necessário ao posicionamento do ponta de trena e do instrumentista, e posterior troca de posição, que ocorrem no mapeamento tradicional, além de possibilitar a utilização de equipes menores, já que é necessário apenas um operador do equipamento e um assistente, que auxilia no posicionamento do prisma para algumas medições.

Neste projeto ficaram evidentes as diferenças presentes nos principais mapas existentes para a Gruta da Tapagem, justificando assim a necessidade da realização dos trabalhos de mapeamento, utilizando uma técnica mais moderna de mapeamento com uso de Estação Total.

14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Auler A., Rubbioli, E.L., Brandi, R. 2001. As Grandes Cavernas do Brasil. GBPE, Belo Horizonte.

Auler A. & Zogbi L. 2005. Espeleologia: Noções básicas. Redespeleo Brasil, São Paulo, 104 p.

Brandi R. 2007. Ricardo Krone e Lourenço Granato: Influências na história da espeleologia paulista no final do século XIX e início do século XX. O Carste, n. 2, 19:36-60.

Campanha G.A.C., Gimenez Filho A., Caetano S.L.V., Pires F.A., Dantas A.S.L., Teixeira A.L., Dehira L.K. 1985. Geologia das folhas Iporanga (SG-22-X-B-V-2) e Gruta do Diabo (SG-22-X-B-VI-1), Estado de São Paulo. São Paulo: PROMINÉRIO / IPT, 1985. Relatório 22.352

Campanha G.A.C. 1991. Tectônica Proterozóica no Alto e Médio Vale do Ribeira, Estados de São Paulo e Paraná. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. 296 p.

CBH-RB - Comitê da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul. Disponível em: http://geolig.igc.usp.br/geoproc/rs_ugrhi_rb/. Acessado em 01 mar 2013.

CNC – Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil. Disponível em: <http://www.sbe.com.br/cnc>. Acessado em 15 fev 2013.

DINIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – Mapa Rodoviário. 2002. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/rodovias/mapas/>. Acessado em 01 set 2013.

Figueiredo L.A.V., Zampaulo R.A., Geribello F.K., Pedro E.G., Dell'Antonio R., Lobo H.A.S. 2007. Projeto Caverna do Diabo (PROCAD): aspectos históricos (1990-2007) e resultados das expedições da terceira fase. Anais 29º Congresso Brasileiro de Espeleologia, SBE/SEE, Ouro Preto, MG. Disponível em: http://cavernas.org.br/anais29cbe/29cbe_113-119.pdf.

Figueiredo L.A.V. 2010. A invenção do fenômeno espeleoturístico: considerações internacionais e suas influências no turismo em cavernas brasileiras. In: VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física, II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física, FSA/SBE, Universidade de Coimbra, Portugal. Disponível em: <http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema5/luiz>.

Grohmann C.H. 2005. Visualização de superfície topográfica no survex a partir de modelos digitais de terreno. Workshop Cadastro e Mapeamento de Cavernas. Belo Horizonte, MG.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA 1987. SG.22-X-B-VI-1 MI-2828/1. Folha Braço, escala 1:50.000.

Karmann I. 1994. Evolução e dinâmica atual do sistema cárstico do alto Vale do Rio Ribeira de Iguape, sudeste do estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 214 p.

Lobo H.A.S., Trajano E., Marinho M.A., Bichuette M.E., Scaleante J.A.B., Scaleante O.A.F., Rocha B.N., Laterza F.V. 2012. Projection of tourist scenarios onto fragility maps: framework for determination of provisional tourist carrying capacity in a Brazilian show cave. *Tourism Management*, 35:234-243.

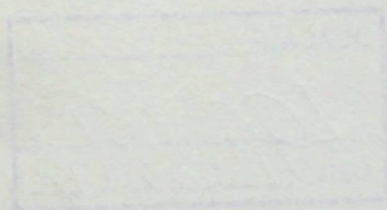
Manual GPT3200N – Manual de Instrução Estação Total Construção. Topcon.

Magalhães E.D. & Linhares J.C. 1997. Curso pratico de topografia. Espeleo Grupo de Brasília, EGB/SBE, Brasília, DF. Disponível em: http://www.espeleogrupodebrasil.org/cavernas/curso_topografia.pdf.

Rubbioli E. & Moura V. 2005. Mapeamento de Cavernas: guia prático. Redespeleo Brasil, São Paulo, 93 p.

Sánchez L.E. 1980. Graus de precisão em topografia de caverna. Anais 14º Congresso Brasileiro de Espeleologia, SBE/SEE, Ouro Preto, MG.

Walter W.V. & Barbalho Jr. A.R. 1980. Um aperfeiçoamento para as técnicas de topografia em cavernas. Anais 14º Congresso Brasileiro de Espeleologia, SBE/SEE, Ouro Preto, MG.



Günther C. de 2000. Métodos de registro topográfico em áreas de relevo
moderadamente íngreme: o caso do Parque Nacional da Serra da
Formosa, MG.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1987. SO-22-X
B-VI-MI-25581. Folha 6-10, escala 1:50.000.

Kamann J. 1984. Evolução e dinâmica atual do sistema cárstico do alto Vale do Rio
Ribeira de Iguaçu, sudoeste do estado de São Paulo. Tese de Doutorado, 22. Volume de
Geociências, Universidade de São Paulo, 214 p.

Lobo H.B., Torgno E., Miranda M.A., Bonifácio M.R., Segurini L.A. - 2004
O.A.F., Rocha B.N., Latorre F.V. 2012. Prediction of karstic resources with highly rugged
framework for determination of provisional karstic carrying capacity in a Brazilian state cave.
Tourism Management, 32:334-345.

Manual GP133001 - Manual de Registro Escala Total Contorno, Topcon.
Magaalhães E.D. & Linsman J.C. 1987. Curso básico de topografia. Espaço Grupo de
Brasília, EGBR-95. Brasília, DF, Brasil.
<http://www.espaciogrupoeditorial.org/cursos/topografia.pdf>

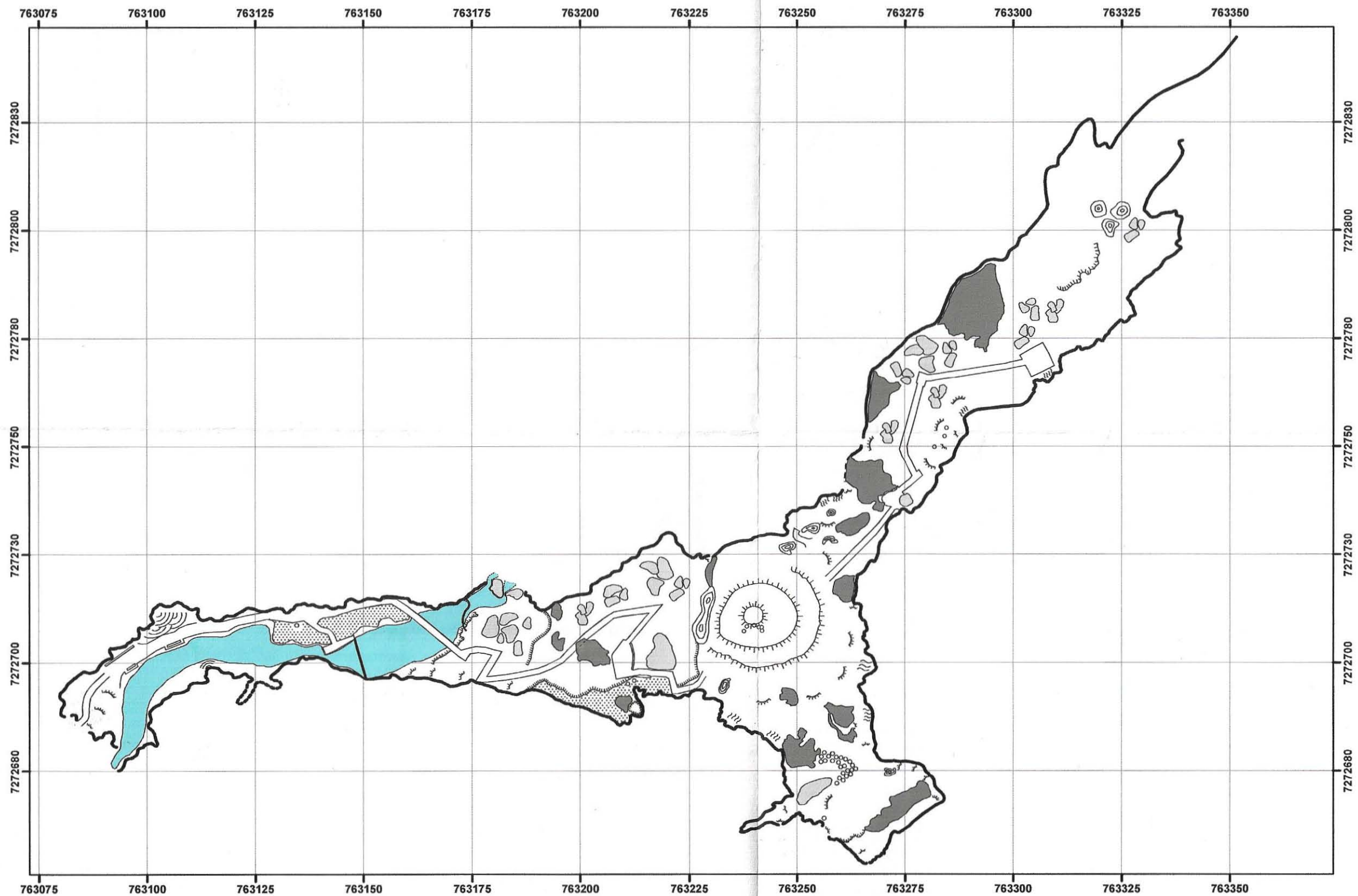
Pinheiro E. & Lima V. 2005. Mapeamento de cavernas e sua importância. Resumos
Brasil, São Paulo, 53 p.

Sanches L.E. 1999. Guia de pesquisa em topografia de cavernas. Anais 14º
Congresso Brasileiro de Espeleologia, 385-388. Ouro Preto, MG.

Walter W.V. & Barreto J. A.R. 1980. Um esboço de mapeamento para as técnicas de
topografia em cavernas. Anais 14º Congresso Brasileiro de Espeleologia, 385-388. Ouro
Preto, MG.

DOAÇÃO
IGC-USP
Data: 17/04/14

Mapa Espeleológico do Setor Turístico da Gruta da Tapagem



Legenda

- Blocos
- Coluna ou parede de colunas
- Espeleotema
- Estalagmites
- Escorrimentos
- Cortinas
- Desnível suave
- Desnível Abrupto
- Sedimentos
- Rio das Ostras

0 5 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Metros

WGS 1984, UTM Zona: 22S
Equipamento utilizado: Estação Total TopCon, modelo GPT-3200NW
Precisão vertical obtida de 0,012 metros e horizontal de 0,008 metros

