



ANAIS do 33º Congresso Brasileiro de Espeleologia

Eldorado SP, 15-19 de julho de 2015 - ISSN 2178-2113 (online)



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 33º Congresso Brasileiro de Espeleologia disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br/33cbeanais.asp

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

SILVÉRIO, M.S.; CRUZ, L.C.; SILVÉRIO, M.S.; OLIVEIRA JUNIO, S.R.; SILVÉRIO, R.S.; MONTEIRO, E.D.. A queda dos espeleotemas “Gigantes Caídos” na Caverna do Diabo e suas medidas atuais. In: RASTEIRO, M.A.; SALLUN FILHO, W. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 33, 2015. Eldorado. *Anais...* Campinas: SBE, 2015. p.267-273. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais33cbe/33cbe_267-273.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.
Consulte outras obras disponíveis em www.cavernas.org.br

A QUEDA DOS ESPELEOTEMAS “GIGANTES CAÍDOS” NA CAVERNA DO DIABO E SUAS MEDIDAS ATUAIS

FALL OF SPELEOTHEMS “GIGANTES CAÍDOS” (THE FALLEN GIANTS) AT THE DEVIL’S CAVE IN BRAZIL AND THEIR CURRENT MEASURES

**Marcelo dos Santos SILVÉRIO (1,2,4); Luiz Carlos da CRUZ (1,4);
Marcos dos Santos SILVÉRIO (3,4); Sérgio Ravacci de OLIVEIRA JÚNIOR (4);
Rafael Santos SILVÉRIO (1); Eliseu Diniz MONTEIRO (4)**

- (1) Faculdade de Tecnologia (FATEC), Itapetininga SP.
(2) Fundação Karnig Bazarian (FKB), Itapetininga SP.
(3) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Canindé SP.
(4) Grupo de Espeleologia Laje Seca (GELS), Itapetininga SP.

Contatos: profmarcelo@uol.com.br; luizcarolangela@uol.com.br; marcosifsp@gmail.com.

Resumo

Este artigo apresenta a situação atual e as medidas descritivas dos espeleotemas conhecidos como Gigantes Caídos na Caverna do Diabo, através de modelos físico-matemáticos. Apresenta também uma análise do possível evento geológico que levou ao tombamento das grandes estalagmites em períodos anteriores da formação da caverna.

Palavras-Chave: Gigantes Caídos. Espeleometria. Caverna do Diabo. Estalagmites. Cálculo Diferencial.

Abstract

This article presents the current situation and the descriptive measures of the speleothems known as Gigantes Caídos (Fallen Giants) at Caverna do Diabo (Devil's Cave in Eldorado town, Brazil), through physical-mathematical models. It also presents a discussion of the geological event that led to the toppling of the great stalagmites in past periods at the cave formation.

Key-words: *Fallen Giants. Speleometry. Devil's Cave. Stalagmites. Differential Calculus.*

1. INTRODUÇÃO

A Caverna do Diabo é uma das grutas mais conhecidas do país por seu potencial turístico e espeleológico. Cadastrada como SP002, com seus mais de 6000 m de projeção linear topografados, está entre as maiores cavernas do Estado de São Paulo, com duas entradas bem definidas: a Gruta das Ostras e a Gruta da Tapagem. Por suas belas ornamentações sempre chamou a atenção e, na década de 60, a Secretaria de Esportes e Turismo do Estado de São Paulo realizou obras de infraestrutura, como iluminação, estradas de acesso e passarelas que levaram um grande número de visitantes ao local. Está localizada no Parque Estadual Caverna do Diabo, na área do município de Eldorado SP.

O trecho turístico da gruta desenvolve-se por cerca de 600 metros, partindo da entrada com escadaria de concreto ao lado do ribeirão da Tapagem e posteriormente, abandonando a margem do rio através de uma ponte, segue-se por salões superiores, iluminados, de beleza cênica indescritível. Finaliza-se o percurso turístico numa

área em que é possível visualizar, na rocha, uma imagem que faz alusão a um rosto disforme, que populares diziam ser do diabo e, por isso, o nome popular da caverna.

Por outro lado, o trecho não turístico e mais longo da Caverna do Diabo segue através da galeria do rio. Após cerca de 2500 m de desenvolvimento linear, com muitos graus de dificuldade que incluem descida de cachoeiras, trechos de natação, transposição de blocos abatidos, subidas e descidas; abandona-se a galeria do rio para atingir o Salão dos Gigantes Caídos, com a presença de estalagmites gigantes e tombadas. No sentido do rio, este é o primeiro dos Grandes Salões da Caverna do Diabo.

Esta pesquisa tem por objetivo descrever o fenômeno que supostamente deu origem à queda desses gigantes e apresentar através de modelos seus dados numéricos, físicos macroscópicos, com a geometria dos seus contornos, numa representação morfológica do estado atual desses espeleotemas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para coleta e confirmação dos dados para esta pesquisa, foram realizadas três expedições no Parque Estadual Caverna do Diabo, vinculadas à fase 4 de um projeto maior intitulado PROCAD (Projeto Caverna do Diabo). Este grande projeto, iniciado na década de 90, permitiu a reunião de inúmeros pesquisadores cujo laboratório único foi a Caverna do Diabo e seus entornos. O PROCAD tem funcionado como um grande projeto guarda-chuva, em que outras pesquisas dali derivam. Foram inúmeros encontros que permitiram uma retopografia da Gruta, a socialização entre grupos espeleológicos, a capacitação de guias oficiais do parque, verificação de trilhas externas, coletas de dados técnicos etc. (ISHIDA, RODRIGUES, SILVERIO: 2013).

Utilizando-se de trena laser, clinômetro, bússola, balança de precisão, termômetro infravermelho, máquinas fotográficas e de filmagem, além dos equipamentos normais de espeleologia, foram coletados dados sobre a forma desses Gigantes Caídos, sua posição, suas bases seccionadas etc.

Com o auxílio da trena laser e um recipiente escalonado e com água a 15°C do próprio rio subterrâneo, medimos o volume de uma pequena amostra da rocha que teria sido quebrada com a queda dos espeleotemas. Em seguida, com uso da balança de precisão, calculamos a densidade média da rocha.

Durante as observações ocorridas nas expedições, conjecturas para a queda dos Gigantes foram exaustivamente discutidas entre os pesquisadores e monitores ambientais que lá estiveram, permitindo que algumas hipóteses fossem refutadas no local e outras fossem ratificadas com a presença de dados decisivos.

Nas fases externas ao trabalho das coletas dos dados de campo foram realizados levantamentos bibliográficos e cálculos físico-matemáticos, além de uso do *software open source* Graph 4.2.2.

3. GIGANTES CAÍDOS: COLETA DE DADOS

Os dois grandes espeleotemas tombados que dão origem ao nome do Salão dos Gigantes Caídos são duas estalagmites deitadas. Há também uma terceira com uma inclinação de cerca de 70° em relação à horizontal que foi seccionada. Constatamos que uma das estalagmites tombadas

está instável e apresenta movimento quando alguém sobe sobre ela. Este espeleotema será aqui chamado de Gigante Caído 1 ou GC1. O outro espeleotema, que será chamado Gigante Caído 2 ou GC2, está ao lado do primeiro, numa posição um pouco mais acima deste. Ambos deitados sobre uma plataforma que deslizou. A figura 1 mostra uma vista do salão Gigantes Caídos com os dois espeleotemas. A presença dos espeleólogos permite uma escala para a dimensão do sistema.

Ao tomarmos as medidas dos raios das bases dos Gigantes Caídos, constatamos que não são perfeitamente circulares, mas elípticos. Para isso foram medidos os diâmetros maior e menor de cada um deles, com o objetivo de se encontrar os focos da elipse da base. Utilizamos uma trena laser da marca Bosch, excelente como precisão para medida de altura e diâmetro, porém limitada neste experimento, pois impedia a medida do comprimento da circunferência da base (perímetro).

Numa varredura do local foram encontradas as bases dessas grandes estalagmites, também deslocadas do possível lugar de origem por um movimento do solo. Essas bases possuem reentrâncias com curvaturas (gradientes) opostos que se encaixam perfeitamente na base dos Gigantes Caídos, em suas posições invertidas com curvaturas positivas e negativas.

Esses Gigantes encontravam-se sustentados em plataformas na rocha ancorada nas paredes da caverna. Observações no local indicam a presença de cascalho modelado por erosão fluvial e outros sedimentos característicos de curso de rio, o que mostra que o antigo leito do rio percorria esse local. Segundo VALLE (2001), nesta área são perceptíveis três níveis distintos e superpostos da galeria do rio: um fóssil, um efêmero e outro ativo. Essa antiga base de sustentação sofreu erosão quando da passagem das águas correntes e, com o desgaste, veio a ceder e tombar. O deslocamento e a inclinação atingida por essa plataforma não sustentou o peso dos gigantes, que vieram a ruir e sucumbir.

A figura 2 é um desenho realista em grafite feito por Daniel Abreu, a partir de foto do estágio atual dos espeleotemas e descrição dos espeleólogos do grupo GELS (Grupo de Espeleologia Laje Seca) que procurou representar como estaria o estágio anterior dos Gigantes, durante a passagem do rio, antes de suas quedas, com a erosão em andamento.



Figura 1. Salão Gigantes caídos, foto com exposição de 15 s e abertura 5.6; iluminador artificial de led.
Foto: Marcelo Silvério.

O levantamento de dados no Salão dos Gigantes Caídos (figura 3) nos apresentou os seguintes resultados:

a) Gigante Caído 1 (GC1), perfeitamente na horizontal, um pouco abaixo do segundo. A elipse da base possui diâmetro maior de 1,46 m e diâmetro menor de 1,29m. Com um total de 4,15 m de comprimento, não tem a forma de um cone perfeito. Aproxima-se mais de um tronco de cone com uma semiesfera (ou uma elipsoide) na ponta. Essa característica é comum em estalagmites, com pontas arredondadas, diferentes de estalactites, mais pontiagudos.

b) Gigante Caído 2 (GC2), com uma inclinação de cerca de 20° com a horizontal, com a ponta mais baixa que a base, está um pouco acima do primeiro. A elipse da base possui diâmetro maior de 1,40 m e diâmetro menor de 1,30 m. Seu comprimento é de 5 m e também não é um cone perfeito, mas um tronco de cone com um elipsoide na ponta.

c) Base do Gigante Caído 1 (GC1) está deslocada e suspensa por duas rochas. Esta base do Gigante Caído 1 tem exatamente 3 m de comprimento, e sua elipse na superfície de secção tem as medidas semelhantes ao encaixe na outra peça. A junção do Gigante Caído 1 e sua base corresponderia a uma estalagmite de 7,15 metros de altura.

Considerando a topografia da Caverna do Diabo e seus salões característicos, a orientação aproximada dos Gigantes Caídos é do Salão Branco para o Salão Patrick. Sua densidade é aparentemente variada, sendo mais denso em seu centro. Porém, uma amostra de rocha de calcita em forma de prisma triangular, com área da base de 28,2 cm² e espessura de 0,5 cm, que já estava quebrada junto a sua base, teve sua densidade medida. Obtivemos, com

possíveis imprecisões, em verificação inicial, um volume de 14 cm³ (mergulhamos a rocha num recipiente com água e graduação em mL) e uma massa de 38,3 g, resultando numa densidade de 2,736 g/mL ou 2,74 kg/L. Esses dados se aproximam da literatura da área (Ford e Williams, 2007), que pontam a calcita com densidade média de 2,7 g/cm³.

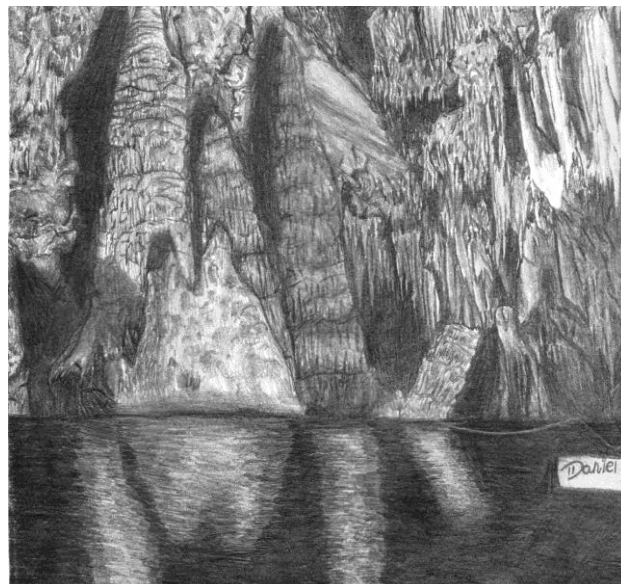


Figura 2. Desenho em grafite de Daniel Abreu, fazendo uma alusão de como estariam os Gigantes durante o processo de erosão da base, antes da queda.



Figura 3. Levantamento de dados no salão Gigantes Caídos.

4. INFERÊNCIAS E MODELOS

Neste capítulo serão calculados as medidas de área, volume e massa dos Gigantes Caídos utilizando-se dois modelos distintos: 1) Tronco de cone de base elíptica com meio elipsoide na extremidade; 2) Modelagem através de um sólido de

revolução obtido pela rotação da função polinomial ajustada ao contorno da projeção ortogonal plana do espeleotema, com uso do método da integral de Riemann.

4.1. Método 1: gigante como tronco de cone elíptico e semielipsoide

Para aproximarmos a estalagmite GC1 por um sólido geométrico, vamos descrever a opção inicial desse artigo. Um tronco de cone é um sólido geométrico de maior volume que se obtém pela seção de um cone através de um plano paralelo a sua base. A ilustração da figura 4 nos mostra um tronco de cone elíptico com bases maior e menor. Será utilizado $\pi = 3,14159$ neste processo.

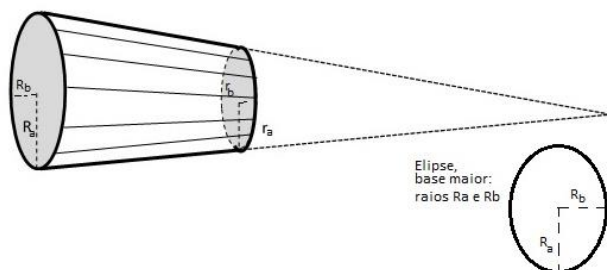


Figura 4. Tronco de cone de base elíptica.

A área de uma elipse de raio maior R_a e raio menor R_b pode ser dada pela expressão:

$$A = \pi \cdot R_a \cdot R_b$$

No caso da base do GC1, sua área será obtida pelo produto de pi pelos raios:

$$A = \pi \cdot 0,73 \cdot 0,645$$

o que nos dá uma área $A = 1,48 \text{ m}^2$.

Assim, considerando a seção de um cone para formar o tronco de cone (ainda desconsiderando a “ponta” dessa estalagmite tombada), usamos R_a e R_b como raios da base maior, r_a e r_b como raios da base menor, h como altura do tronco. Segundo Wrede e Spiegel (2004), volume pode ser dado por

$$V = (R_a R_b + \sqrt{r_a r_b} + r_a r_b) \pi \cdot \frac{h}{3}$$

Considerando sem perda de generalização o Gigante Caído 1 (GC1) como um tronco de cone elíptico reto com comprimento de 3,8 metros e na extremidade, um semielipsoide que completam seus 4,15 m. Como a base corresponde a uma elipse de diâmetros 1,29 m e 1,46 m, consideramos em proporção o diâmetro da elipse menor como sendo 0,72 m e 0,80 m respectivamente.

Substituindo-se os dados dos raios (metade do diâmetro) na fórmula de volume de tronco de cone, obtemos:

$$V = (0,73 \cdot 0,645 + \sqrt{0,36 \cdot 0,40} + 0,36 \cdot 0,40) \pi \cdot \frac{3,8}{3}$$

O que nos dá um tronco de cone de volume

$$V = 3,957 \text{ m}^3$$

Ou seja, três mil novecentos e cinquenta e sete litros.

Vamos agora compor com a ponta aproximada por uma semielipsoide de raios 0,40 m, 0,36 m e 0,35 m (r_c , para completar o comprimento de 4,15 m do espeleotema). O volume de uma semielipsoide pode ser obtido multiplicando-se as dimensões dos seus três raios por dois terços de π . Assim, sendo o raio r , seu volume será:

$$V = r_a r_b r_c \cdot \frac{2}{3} \pi$$

Cujos resultados serão obtidos da operação:

$$V = 0,40 \cdot 0,36 \cdot 0,35 \cdot \frac{2\pi}{3}$$

O que nos dá uma semiesfera de volume

$$V = 0,106 \text{ m}^3$$

Ou seja, apenas cento e seis litros.

A composição total do espeleotema Gigante Caído 1 será a soma entre o volume do sólido aproximado por um tronco de cone de base elíptica com o volume de um sólido aproximado com o semielipsoide. Neste caso, $3,957 \text{ m}^3$ com $0,106 \text{ m}^3$. Concluímos que com as generalizações feitas, a estalagmite GC1 tem volume de $4,063 \text{ m}^3$ ou $4.063.000 \text{ cm}^3$ que nos leva a 4.063 litros.

Utilizando-se da densidade obtida no experimento com o pedaço da rocha de calcita encontrada no local de 2736 kg/m^3 , determinamos que o espeleotema Gigante Caído 1 tem massa de 11.116,4 kg, isto é, mais de 11 toneladas.

Procedendo com o mesmo método para cálculo das medidas do Gigante Caído 2, que possui exatos 5 m de comprimento. Utilizamos os dados da elipse maior (base) como sendo $R_a = 0,70 \text{ m}$, $R_b = 0,65 \text{ m}$. Estimamos uma seção que ocorra a 4,6 metros (para isolarmos uma semielipsoide de raio $r_c = 0,40 \text{ m}$), o que nos dá uma elipse menor de raios $r_a = 0,45 \text{ m}$ e $r_b = 0,42 \text{ m}$. O volume da seção correspondente ao tronco de cone de base elíptica é $5,196 \text{ m}^3$ e o volume da semielipsoide da

extremidade é 0,162 m³, de forma que o volume total do GC2 é de 5,358 m³.

O volume de 5.358.000 cm³ ou 5.358 litros do Gigante Caído 2, com uma densidade calculada da calcita no local de 2,74 kg/L, nos apresenta uma estalagmite quebrada com 14.680 kg, ou seja, quase 15 toneladas.

Por outro lado, considerando que foi encontrado a base do GC1, com 3 metros de comprimento, se a aproximarmos de um cilindro elíptico reto que se encaixe à base da secção tombada, formamos uma estalagmite que, antes de tombada, teria um volume de:

$$V_{total} = V_{base} + V_{GC1}$$

$$V_{total} = 4,440 m^3 + 4,063 m^3$$

Ou seja, no período em que a galeria superior do rio estava em atividade e o Gigante Caído 1 não havia ainda tombado (figura 2) e nem se rompido, esta estalagmite possuía um volume total de 8,503 m³ e 23,3 toneladas.

4.2. Método 2: gigante modelado por função polinomial de contorno e sólido de revolução

As medidas obtidas durante as expedições em campo e a análise posterior das fotografias com suas devidas proporções, permitiram a modelagem das linhas de contorno da projeção ortogonal plana das estalagmites Gigante Caído 1 e 2.

Utilizando-se o *software open source e freeware* Graph 4.4.2, modelou-se o contorno do GC1, obtendo-se a figura 5.

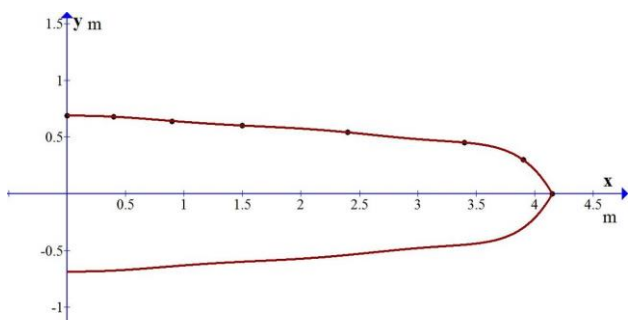


Figura 5. Ajuste de uma função do Graph 4.4.2 à projeção plana ortogonal do GC1.

Obteve-se o ajuste de curva através de duas funções:

$$f: [0;4.15] \rightarrow [0; 0,6875]$$

$$f(x) = -0.00108377x^7 + 0.00737976x^6 + 0.00239531x^5 - 0.12421857x^4 + 0.33134248x^3 - 0.30930952x^2 + 0.02852655x + 0.6875$$

e

$$g: [0;4.15] \rightarrow [-0,6875;0]$$

$$g(x) = 0.00108377x^7 - 0.00737976x^6 - 0.00239531x^5 + 0.12421857x^4 + -0.33134248x^3 + 0.30930952x^2 - 0.02852655x - 0.6875$$

Ambos os modelos tem coeficiente de regressão polinomial R² = 1.

Através de um corte meridiano do modelo, podemos calcular a área dessa secção. Integrando a curva de f(x) entre x = 0 e x = 4,15 e dobrando o resultado para incluir a área até g(x)

$$A = \int_0^{4,15} -0.00108377x^7 + 0.00737976x^6 + 0.00239531x^5 - 0.12421857x^4 + 0.33134248x^3 - 0.30930952x^2 + 0.02852655x + 0.6875 dx$$

Obtemos a área da secção meridiana de A = 4,482 m², hachuriada na figura 6.

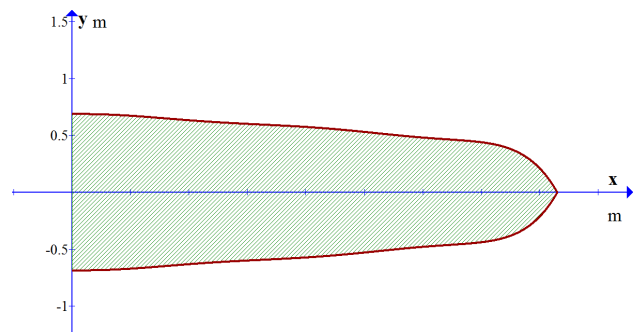


Figura 6. Cálculo da região da secção meridiana do GC1 indica uma área de cerca de 4,5 m².

Para calcularmos com precisão o volume desse sólido, podemos proceder com a revolução em torno do eixo x da curva de f(x) em seu domínio. Esse volume por revolução pode ser encontrado pela integral:

$$V = \pi \int_a^b [f(x)]^2 dx$$

Neste caso, obtemos o volume da revolução de f(x) em torno do eixo das abscissas dado pela expressão:

$$V = \pi \cdot \int_0^{4,15} (-0.00108377x^7 + 0.00737976x^6 + 0.00239531x^5 - 0.12421857x^4 + 0.33134248x^3 - 0.30930952x^2 + 0.02852655x + 0.6875)^2 dx$$

Que nos dá o volume $V = 4,049 \text{ m}^3$.

Nesta metodologia, estamos fazendo a rotação em torno do eixo x da função $f(x)$ para formar um sólido de revolução, o que nos dá uma base circular. Em comparação com a metodologia de cálculo anterior, em que a base era elíptica, obtivemos uma aproximação bastante significativa de $4,049 \text{ m}^3$ para $4,063 \text{ m}^3$, numa diferença de 14 litros de uma metodologia para outra. Em termos de massa do sólido, com a aproximação por base regular circular, como fizemos nesta seção 4.2. obtemos um Gigante Caído 1 com massa de 11.078 kg (ou mais de 11 toneladas).

Da mesma forma, a repetição dos métodos para o cálculo aproximado do Gigante Caído 2, através do modelo geomorfológico da projeção ortogonal do seu contorno superior, nos dá a função polinomial:

$$f: [0;5] \rightarrow [0;0,675]$$

$$f(x) = -0.00153777x^7 + 0.02315295x^6 - 0.13450597x^5 + 0.37500525x^4 + 0.50161143x^3 + 0.26652529x^2 - 0.06702833x + 0.68$$

E seu volume por revolução dessa função em torno do eixo x é encontrado por:

$$V = \pi \int_0^5 [f(x)]^2 dx$$

que resulta num modelo de espeleotema com $5,177 \text{ m}^3$ ou 5177 litros, com mesma densidade de $2,74 \text{ kg/L}$ que culmina em 14,2 toneladas.

5. CONCLUSÃO

O crescimento dos espeleotemas pode levá-los a um estágio de instabilidade, cuja resistência interna e a gravidade os sucumbe. Por outro lado, outros espeleotemas podem se deslocar ou se romper devido a diversos fatores, sendo um deles a erosão.

Este trabalho procurou descrever a situação físico-matemática atual e analisar o que pode ter ocorrido com as estalagmites que seccionaram e tombaram no Salão dos Gigantes Caídos, no interior da Gruta da Tapagem, conhecida popularmente como Caverna do Diabo.

Os resultados da pesquisa apontam para uma erosão sofrida pela laje de sustentação dessas estalagmites no período em que o rio do interior da caverna percorria os salões superiores, levando à inclinação da plataforma e a instabilidade nas forças de sustentação, que romperam e separaram das bases os dois espeleotemas.

Dados métricos levantados por elementos do grupo GELS com as expedições a campo durante as fases do projeto conhecido como PROCAD, organizados pela SBE e PECD, permitiram também a inferência e a criação de modelos baseados em alguns métodos matemáticos distintos. A situação de maior relevância apontou que o espeleotema Gigante Caído 1, com 4,15 m de comprimento possui $4,063 \text{ m}^3$ de volume e uma massa de 11.116 kg. Por outro lado, o Gigante Caído 2, com 5 m de comprimento e uma base um pouco mais estreita possui $5,358 \text{ m}^3$ de volume e 14.680 toneladas.

Uma das características mais interessantes das pesquisas na área de Espeleologia, é que por serem os espeleólogos profissionais de diversas áreas do conhecimento, seja ele científico, esportivo, artístico ou técnico, a caverna é sua área de estudo, de laser e de reflexão: uma Universidade Natural, um laboratório para todos, um grande ambiente de esportes. Esse fator não vem desmerecer o trabalho, mas sim, engrandece-lo. A polivalência e a multidisciplinaridade dos conhecimentos exigidos para o estudo das cavernas engloba as três grandes áreas de conhecimento: humanas, biológicas e exatas. Esperamos, com essa pesquisa atual na área de físico-matemática, ter contribuído para essa grande babel do conhecimento humano: a Espeleologia.

AGRADECIMENTOS

Para que esse projeto pudesse ter sido concluído, agradecemos profundamente a todos os integrantes do grupo GELS, à secretaria, conselho e diretoria da SBE, em especial ao Marcelo Augusto Rasteiro e Delci Kimie Ishida, ao coordenador da fase 4 do PROCAD, Roberto Rodrigues, ao Gerente Regional do Vale do Ribeira da Fundação Florestal Josinei Gabriel Cará, aos monitores ambientais do PECD, aos estudantes Daniel Domingues Abreu e Fabrizio Fernandes de Freitas pela composição artística ilustrativa e de 3D-movimento.

BIBLIOGRAFIA

- AULER, Augusto, RUBBIOLI, Elzio, BRANDI, Roberto. As grandes cavernas do Brasil. Belo Horizonte: Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, 2001.
- CORDEIRO, Bruna M.. Planalto carbonático do André Lopes (SP): geomorfologia cárstica e geoespeleologia da Gruta da Tapagem (Caverna do Diabo). Dissertação de Mestrado em Geoquímica e Geotectônica. São Paulo. Instituto de Geociências da USP, 2003.
- FIQUEIREDO, Luiz Afonso V., et al. Projeto caverna do Diabo PROCAD: aspectos históricos (1990-2007) e resultado das expedições da terceira fase. *in* Anais 29º Congresso Brasileiro de Espeleologia. Ouro Preto: SBE e UFOP, 2007. p.113-119. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais29cbe/29cbe_113-119.pdf>.
- FORD, Derek; WILLIAMS, Paul. Karst Hydrogeology and Geomorphology. Chichester, England: Wiley, 2007.
- HILL, Carol, FORTI, Paolo. Cave minerals of the world, 2.ed. Hunstville, Alabama: National Speleological Society, 1997.
- ISHIDA, D.; RODRIGUES, R.; SILVERIO, M.. Nova expedição do Procad. SBE-Notícias, Boletim eletrônico da Sociedade Brasileira de Espeleologia, ano 8, n. 781. In: <www.cavernas.org.br/sbenoticias.asp>. Acessado em 11/08/2013.
- PALMER, Arthur N. Cave Geology, 3.ed. Ohio: Cave books, 2012.
- SALLUN FILHO, W. ; CORDEIRO, B. M. ; KARMANN, I. . Structural and hydrological controls on the development of a river cave in marble (Tapagem Cave, SE Brazil). International Journal of Speleology, v. 44, p. 75-90, 2015. <<http://scholarcommons.usf.edu/ijsvol44/iss1/7/>>
- SILVERIO, Marcelo dos Santos. Equacionando travertinos: das polinomiais e polares às curvas de Koch. 29º Congresso Brasileiro de Espeleologia. Ouro Preto: SBE e UFOP, 2007. p.262. disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais29cbe/29cbe_271-279.pdf>.
- TRAVASSOS, Luiz Eduardo Panisset, MAGALHÃES, Edgard Dias, BARBOSA, Elvis Pereira. Cavernas, rituais e religião. Ilhéus: Editus, 2011.
- WREDE, Robert C., SPIEGEL, Murray R. Teoria e problema do cálculo avançado. 2.ed.Porto Alegre: Bookman, 2004.