



# ANAIS do 36º Congresso Brasileiro de Espeleologia

Brasília-DF, 20-23 de Abril de 2022



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 36º Congresso Brasileiro de Espeleologia (CBE) disponível gratuitamente em [www.cavernas.org.br](http://www.cavernas.org.br).

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

MAGALHÃES, E. D.; SEVERO, R.; BIANCHETTI, B. M.. O uso do caveatron na topografia 3D de cavernas na espeleologia brasileira In: MOMOLI, R. S.; STUMP, C. F.; VIEIRA, J. D. G.; ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 36, 2022. Brasília. *Anais...* Campinas: SBE, 2022. p.285-290. Disponível em: <[http://www.cavernas.org.br/anais36cbe/36cbe\\_285-290.pdf](http://www.cavernas.org.br/anais36cbe/36cbe_285-290.pdf)>. Acesso em: *data do acesso*.

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.  
Consulte outras obras disponíveis em [www.cavernas.org.br](http://www.cavernas.org.br)

## O USO DO CAVEATRON NA TOPOGRAFIA 3D DE CAVERNAS NA ESPELEOLOGIA BRASILEIRA

USE OF CAVEATRON IN 3D TOPOGRAPHY IN BRAZILIAN CAVES

Edvard Dias MAGALHÃES (1), Rodrigo SEVERO (1), Bernardo Menegale BIANCHETTI (1).

(1) Espeleo Grupo de Brasília - EGB

Contatos: [edvard3@gmail.com](mailto:edvard3@gmail.com); [rsev@pm.me](mailto:rsev@pm.me); [bmbianchetti@gmail.com](mailto:bmbianchetti@gmail.com).

### Resumo

O Projeto Caveatron – Topografia 3D de cavernas na Espeleologia Brasileira destina-se à montagem e experimentação do dispositivo Caveatron para sua internalização nos grupos de espeleologia brasileiros, oferecendo uma alternativa viável e acessível economicamente para o registro 3D de cavernas, na atividade amadora. O dispositivo mescla as funções de uma estação total e do sensor LiDAR A1-M8 para varreduras a laser, contínuas e circulares, possibilitando a representação interativa do bloco-diagrama digital e a extração das mais variadas secções das galerias e câmaras das cavernas além do cálculo volumétrico das mesmas. O projeto piloto conta com recursos financeiros oriundos de apoio da Sociedade Brasileira de Espeleologia – SBE e do Espeleo Grupo de Brasília – EGB, e foi iniciado em outubro de 2020, com a aquisição dos componentes eletrônicos unicamente disponíveis no exterior (EUA, Canadá e China), contudo teve sua execução interrompida pelas medidas sanitárias relativas à SARS-COV-2, sendo parcialmente retomada um ano depois. Sua execução envolve um grupo de trabalho interno ao EGB e o acompanhamento das discussões junto à comunidade internacional envolvida no projeto Caveatron (proposição de substituição de componentes indisponíveis no mercado e a respectiva alteração do projeto básico do *hardware*), tradução dos tutoriais de referência e montagem do protótipo. Os testes de funcionalidade serão realizados no primeiro trimestre de 2022 no Monumento Natural Espeleológico Morro da Pedreira, Unidade de Conservação dentro do Distrito Federal, detentora de seis dezenas de cavernas conhecidas.

**Palavras chave:** topografia espeleológica; espeleometria; modelagem 3D; Caveatron; LiDAR

### Abstract.

*The Caveatron Project – 3D Topography in Brazilian Caves is intended for the assembly and testing of the Caveatron device for its internalization in brazilian speleology groups, offering a viable and economically accessible alternative for the 3D recording of caves in amateur activity. The device combines the features of a total station and the LiDAR A1 sensor for continuous and circular laser scans, enabling the interactive representation of the digital block diagram and the extraction of various sections of cave galleries and chambers besides cave volume calculation. The pilot project has financial resources from the Brazilian Speleological Society – SBE and Brasilia’s Speleo Group – EGB, and it started in October 2020, with the importing of electronic components only available outside Brazil (USA, Canada and China), but its execution was interrupted by sanitary measures relating to SARS-COV-2 and partially resumed one year later. Its execution involved an internal working group at EGB and monitoring Caveatron’s project international community discussions mainly focused on replacing components unavailable on the market and the respective change of the basic hardware design, translation of reference tutorials and assembly of the prototype. Functional tests will be carried out in the first quarter of 2022 at the Morro da Pedreira Natural Speleological Monument, a conservation unit within the Federal District, that encompasses six dozen known caves.*

**Keywords:** cave mapping; speleometrics; 3D modelling; Caveatron; LiDAR

## 1. INTRODUÇÃO

O levantamento topográfico espeleológico deve sempre adequar-se ao ambiente inóspito cavernícola, tradicionalmente privilegiando o uso de

equipamentos analógicos ou simplificados (GALLAY, 2015), de forma a minimizar a possibilidade de suspensão dos trabalhos topográficos por falhas ou limitações de uso nestes

ambientes providos de alta umidade e poeiras e com significativa dificuldade de deslocamento.

O barateamento e conseqüente disponibilização de microsensores eletrônicos facilitou a introdução na espeleometria de estações totais compactas e suficientemente robustas para o uso durante a exploração e registro espeleológicos (MITCHELL, 2017), a exemplo da Leica DistoX2 modificada para cavernas. Paralelamente, várias iniciativas foram sendo aprimoradas para a adoção de procedimentos informatizados da tomada de dados básicos (azimute, inclinação, distâncias) e do desenho de detalhamento espeleométrico, permitindo a imediata correção dos dados e digitalização *in loco*.

Dentro desta tendência, a popularização da tecnologia LiDAR para varreduras laser nas mais diversas funcionalidades possibilitou o desenvolvimento do Caveatron, dispositivo que integrou o uso das características de uma estação total com a varredura laser LiDAR (MITCHELL, 2020).

O método de levantamento topográfico com o Caveatron promete ser célere ao utilizar os mesmos procedimentos corriqueiros aos mapeamentos convencionais, com sequenciamento base à base, adicionando a varredura laser circular durante o caminhamento ao longo da visada. Sua interface com tela sensível ao toque possibilita a visualização e revisão dos dados já adquiridos.

O tratamento pós campo é realizado tanto nos programas *Compass Cave Survey* e *Walls Cave Mapping* (TSS, 2016), quanto em programas típicos para tratamento de nuvens de pontos (P. CIGNONI, 2008), possibilitando uma infinidade de usos e cálculos com os dados obtidos.

Desenhado para ser um equipamento compacto (16x15cm), leve (cerca de 900g) e resistente ao trabalho espeleológico, inclusive em ambientes com água, promete acelerar em muito o levantamento topográfico e melhorar sua precisão.

**Figura 1: Módulo Caveatron ponto para uso**



Sua montagem requer componentes comuns no mercado de eletrônica, resultando em um projeto de custo baixo e acessível aos interessados. Seu idealizador, Joe Mitchell, disponibiliza e mantém vasta documentação intermediária e todos os projetos necessários à construção, além da compilação das contribuições da comunidade espeleológica já usuária do Caveatron, atualizando projetos e documentos (MITCHELL, 2022).

A versão montada pelo EGB é a Revisão B (2020), composta por processador Fast Teensy 3.6, trena laser para 40 metros, sensores de bússola, inclinação e giro, transferência de dados via USB e scanner RPLIDAR A1-M8 com 8000 leituras por segundo, raio de 12 metros e feixe omnidirecional em 360°.

## 2. METODOLOGIA

A consecução do projeto está dividida nos seguintes passos:

- Elaboração de projeto de captação de apoio e concorrência no Edital SBE nº 1/2020, para obtenção apoio financeiro;
- Levantamento e estudo da bibliografia correlata;
- Levantamento dos fornecedores dos componentes e serviços necessários, precificação e aquisição;
- Montagem e configuração da unidade Caveatron;
- Configuração e familiarização com os recursos do Caveatron;
- Testes em ambiente urbano e em cavernas;
- Tratamento dos dados e conversão em produtos (mapeamentos, cálculos, relatórios de dados).

### 2.1. Elaboração de projeto e concorrência no Edital SBE nº 1/2020, para obtenção apoio financeiro;

Com o intuito de participação na concorrência para captação de apoio financeiro a grupos de espeleologia, promovido pela SBE através do Edital nº 1/2020, o EGB elaborou o projeto específico de construção do Caveatron, sendo uma das propostas selecionadas ao apoio a “fundo perdido”.

### 2.2. Levantamento e estudo da bibliografia correlata;

A inserção de novos procedimentos de documentação topográfica espeleológica é uma oportunidade para aprimoramento e revisão das definições elementares dos levantamentos espeleométricos, bem como das novas publicações acerca da experimentação de levantamento 3D em cavernas, assim como uma revisão bibliográfica acerca do tema e da produção espeleológica existente nas áreas naturais que serão utilizadas como campo de provas para o emprego do novo equipamento. Leituras complementares se mostram necessárias quanto às possibilidades de maximização dos produtos possíveis e desejados a serem gerados com os dados do levantamento baseado em Caveatron.

### 2.3. Levantamento dos fornecedores dos componentes e serviços necessários, precificação e aquisição;

Desenvolvido por espeleólogos, em ambiente tecnológico aberto (com *hardware* e *software* livres de licença ou patente), cada unidade Caveatron deve ser montada pelo interessado, mantendo o custo de fabricação dentro do razoável (poucas centenas de dólares). Este fato, contudo, pode tornar-se um empecilho, já que depende da iniciativa individual para a aquisição dos inúmeros componentes eletrônicos e demais acessórios e a identificação de profissionais e parceiros dispostos a entender o projeto e executá-lo.

Mostrou-se um desafio viabilizar a compra dos diversos componentes eletrônicos (majoritariamente no mercado estadunidense e, em sua maioria, não disponíveis no mercado brasileiro), transformando-se em uma jornada de vários meses e com percalços técnicos a serem gerenciados. Comumente alguns modelos de componentes indicados no projeto, compatíveis com a programação de *hardware* existente, se mostram descontinuados ou sem estoque nas lojas fornecedoras, forçando a atrasos ou a trabalhosas adequações.

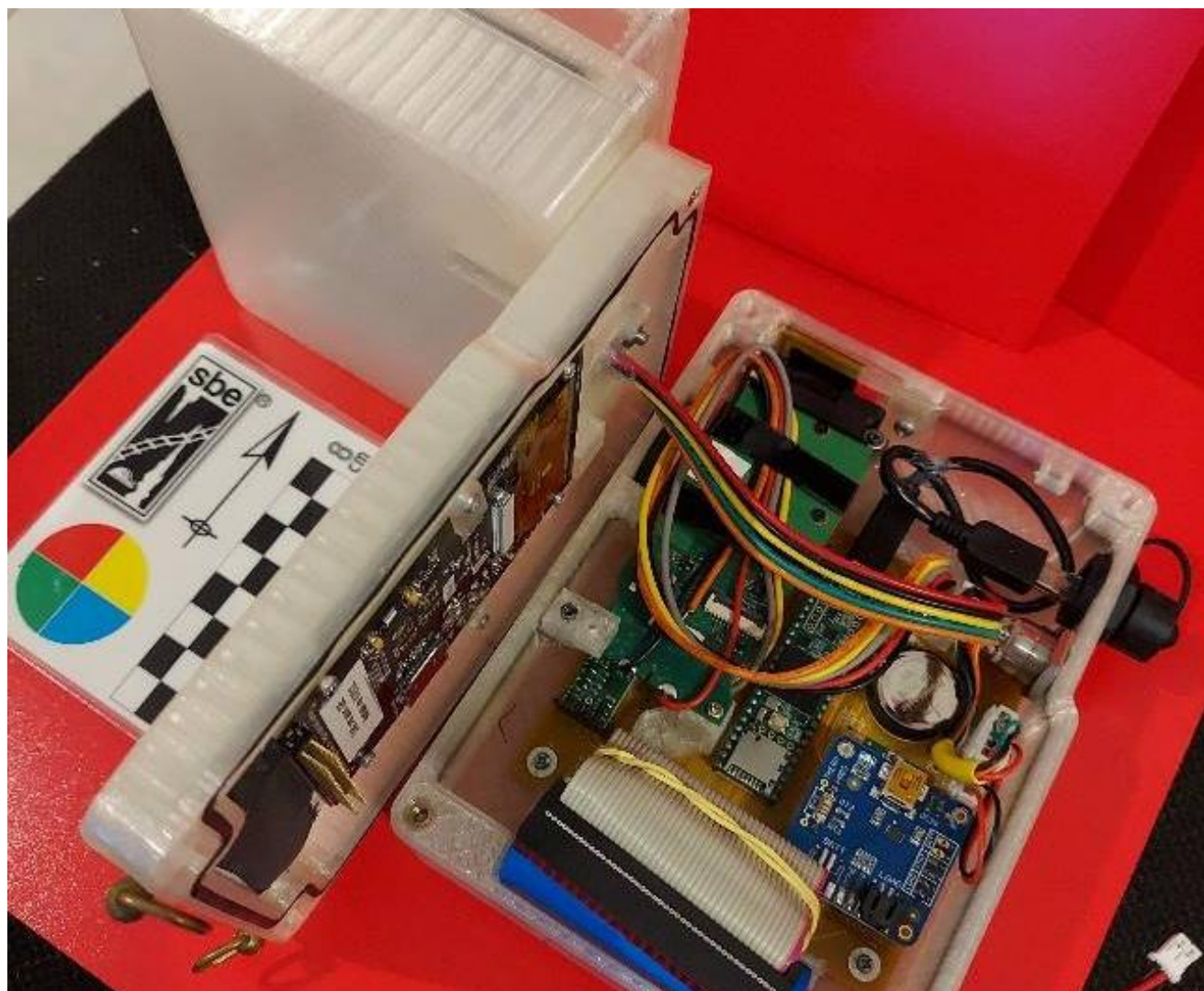
### 2.4. Montagem e configuração da unidade Caveatron;

Com a aquisição dos componentes unitários especificados no projeto do Caveatron, que inclui a confecção personalizada da principal placa de circuitos e a soldagem fina dos principais sensores e terminais na placa principal, bem como

personalização de alguns componentes através de alteração algumas de suas trilhas. Igualmente, são necessárias soldagens finas para a ligação do chicote de conexão da placa da trena e demais chicotes, como do dispositivo LiDAR, do interruptor de energia, bateria e campainha.

A confecção do estojo principal e do LiDAR é realizado em impressora 3D com o uso de resina PETG - cujos arquivos de impressão já se encontram disponíveis -, e com a montagem dos componentes em seus espaços internos. As duas caixas são seladas com o uso de vedantes a silicone, nas janelas do LiDAR e da trena laser. O isolamento das partes de contato é realizado com o uso de *o-ring*.

**Figura 2: Visão interna da montagem do Módulo Caveatron.**



## 2.5. Configuração e familiarização com os recursos do Caveatron;

Finalizada a montagem e fechado o módulo Caveatron, torna-se necessária a habilitação de seu módulo lógico, com a inserção em sua memória EEPROM do sistema de gerenciamento do Caveatron, mesmo sistema que permitirá todas as configurações, calibrações e testes iniciais, e a aferição magnética de rotina.

O repositório de documentação do Caveatron possui amplos tutorias para a execução dos diversos procedimentos de montagem, configuração, calibração e uso regular. Encontram-se disponíveis apenas em língua inglesa e a tradução dos principais arquivos para o português, inclusive do rico manual de uso, encontram-se em andamento, no âmbito deste trabalho.

## **2.6. Testes em ambiente urbano e em cavernas;**

A verificação do sucesso na montagem do *hardware* com a inexistência de interferências magnéticas oriundas de vícios na montagem é realizada com a execução da calibração dos sensores magnéticos e com o efetivo uso no levantamento topográfico.

Os testes serão realizados, inicialmente, em ambiente urbano no interior de construções e passagens subterrâneas e posteriormente, de maneira intensiva, no mapeamento de grutas na Unidade de Conservação Monumento Natural Espeleológico Morro da Pedreira, localizado na área rural do Distrito Federal, distante 35 km do centro da cidade.

Predominam na Unidade de Conservação cavernas horizontalizadas e de pequenas dimensões, ideais para o trabalho dentro do raio de 12 metros de alcance do módulo RPLIDAR A1.

Complementarmente, havendo uma boa evolução nos testes em cavernas horizontalizadas, a Unidade de Conservação oferece opções de cavernas verticalizadas que poderão ser laboratório para seu uso em visadas verticais e em ambientes com volume próximo aos limites do LiDAR.

## **2.7. Tratamento dos dados e conversão em produtos (mapeamentos, cálculos, relatório de dados).**

Os dados coletados nas fases de testes, em ambiente urbanos e de caverna, serão utilizados para experimentação na geração de blocos-diagramas, blocos-diagramas navegáveis, planta baixa

(corrigida e em diferentes alturas), cortes transversais e cortes longitudinais. Outros testes serão realizados para verificação da compatibilidade com uso em diversos programas de topografia em cavernas como o *Survex*, *TopGRU*, *Therion*, *Ariane Cave Survey* e *CaveHere*.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados e sua discussão serão realizados pelo Grupo de Trabalho do Caveatron quando do início dos testes (urbano e em cavernas) previstos para serem efetivados ao longo do primeiro trimestre de 2022.

Além da avaliação do esforço de implantação, serão discutidos os principais elementos formadores do custo/benefício da tecnologia Caveatron na rotina das associações espeleológicas brasileiras.

## **4. CONCLUSÃO**

O presente trabalho visa expor a opinião do Espeleo Grupo de Brasília, fundamentada em sua prática, quanto à pertinência da inserção do Caveatron na rotina de levantamento espeleométrico e cartográfico de grupos de espeleologia no Brasil.

## **5. AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a Sociedade Brasileira de Espeleologia pelo apoio financeiro ao presente projeto; aos sócios do Espeleo Grupo de Brasília e do Grupo Espeleológico da Geologia da UnB – GREGEO-UnB pelo empenho em sua consecução; e em especial a Joe Mitchell e todos espeleólogos da comunidade internacional que compartilham a experiência no uso do Caveatron.

## **REFERÊNCIAS**

- GALLAY M., KANUK J., HOCHMUTH Z., MENEELY J.D., HOFIERKA J., SEDLAK V., 2015. Large-scale and high-resolution 3-D cave mapping by terrestrial laser scanning: a case study of the Domic Cave, Slovakia. *International Journal of Speleology*, 44, 277-291, 2015. Disponível em: [https://pureadmin.qub.ac.uk/ws/portalfiles/portal/131816701/Large\\_scale\\_and\\_high\\_resolution\\_3\\_D\\_cave\\_mapping.pdf](https://pureadmin.qub.ac.uk/ws/portalfiles/portal/131816701/Large_scale_and_high_resolution_3_D_cave_mapping.pdf) . Acessado em: 26/02/2022.
- MITCHELL, J., GUTTING, S. 2017. The Caveatron: an Integrated Cave Survey and LIDAR Scanning Instrument. UIS, Proceedingd of the 17th International Congress of Speleology, Sidney, 2017. Vol. 2, pp.126-130. Disponível em: <http://uis-speleo.org/> . Acessado em: 26/02/2022.



MITCHELL, JOE. 2020. Caveatron Project. 2020. Disponível em: [www.caveatron.com](http://www.caveatron.com) . Acessado em: 26/02/2022.

MITCHELL, JOE. 2022. Caveatron Repositório GitHub. Disponível em:  
<https://github.com/Caveatron> . Acessado em: 26/02/2022.

P. CIGNONI, M. CALLIERI, M. CORSINI, M. DELLEPIANE, F. GANOVELLI, G.  
RANZUGLIA, 2008. MeshLab: an Open-Source Mesh Processing Tool Sixth Eurographics  
Italian Chapter Conference, page 129-136, 2008. Disponível em: <https://www.meshlab.net/> .  
Acessado em: 26/02/2022.

TSS, 2016. WALLS PROJECT EDITOR, 2016. Disponível em  
<https://texasspeleologicalsurvey.org/software/walls>. Acessado em 26/02/2022.