



## ANAIS do 34º Congresso Brasileiro de Espeleologia

Ouro Preto SP, 13-18 de junho de 2017 - ISSN 2178-2113 (online)



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 34º Congresso Brasileiro de Espeleologia disponível gratuitamente em [www.cavernas.org.br/34cbeanais.asp](http://www.cavernas.org.br/34cbeanais.asp)

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

PEREIRA, E.; SILVA, L.. Digitalização de croquis de cavidades naturais subterrâneas utilizando o software ArcGIS. In: RASTEIRO, M.A.; TEIXEIRA-SILVA, C.M.; LACERDA, S.G. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 34, 2017. Ouro Preto. *Anais...* Campinas: SBE, 2017. p.165-171. Disponível em: <[http://www.cavernas.org.br/anais34cbe/34cbe\\_165-171.pdf](http://www.cavernas.org.br/anais34cbe/34cbe_165-171.pdf)>. Acesso em: *data do acesso*.

A publicação dos Anais do 34º CBE contou com o apoio do Instituto Brasileiro de Mineração. Acompanhe a cooperação SBE-IBRAM em [www.cavernas.org.br/sbe-ibram](http://www.cavernas.org.br/sbe-ibram)

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



**IBRAM** 40 anos  
INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO  
Brazilian Mining Association  
Câmara Mineira de Brasil

## DIGITALIZAÇÃO DE CROQUIS DE CAVIDADES NATURAIS SUBTERRÂNEAS UTILIZANDO O SOFTWARE ARCGIS *DIGITIZING CAVE SKETCHES USING ARCGIS SOFTWARE*

Ednilson PEREIRA; Leonardo SILVA

Grupo de Pesquisa e Extensão em Espeleologia Guano Speleo, Belo Horizonte MG.

Contatos: [ednfpereira@gmail.com](mailto:ednfpereira@gmail.com); [leonardodasilva1987@gmail.com](mailto:leonardodasilva1987@gmail.com).

### Resumo

É um costume amplamente difundido no meio da espeleologia a utilização de programas do tipo Computer-aided design (CAD) para digitalização de croquis e mapas de cavidades, no entanto, existem outras opções de programas para executar esse tipo de tarefa que podem apresentar vantagens interessantes. O objetivo deste trabalho é apresentar a metodologia de digitalização de croquis de cavidades utilizando ArcGIS e descrever as vantagens da utilização de programas de geoprocessamento como alternativa ao CAD para esse tipo de atividade.

**Palavras-Chave:** cartografia; espeleologia; croquis; mapas; geoprocessamento; topografia; ArcGIS.

### Abstract

*It is a widespread practice in speleology the use of Computer-aided design (CAD) software for digitizing sketches and cave maps, however, there are other software options to perform this type of task that may present interesting advantages. The objective of this work is to present the methodology of digitizing cavity sketches using ArcGIS and describe the advantages of using geoprocessing programs as an alternative to CAD For this type of activity.*

**Key-words:** cartography; speleology; sketches; maps; geoprocessing; topography; ArcGIS.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o avanço das tecnologias, é comum um tipo de software ser substituído por outro mais moderno ou mais usual para determinadas atividades. Tratando-se de cartografia digital, com o surgimento dos programas de geoprocessamento, como o ArcGIS em 1982 (ESRI, 1999), apareceram as primeiras alternativas a programas do tipo CAD para as atividades de digitalização e elaboração de mapas. Os profissionais de áreas que exigiam um grande volume de produção de mapas e plantas, como geógrafos e arquitetos, logo perceberam as vantagens da utilização de programas de geoprocessamento na cartografia. Esses tipos de aplicações apresentavam a possibilidade de trabalhar com bases de dados grandes e complexas, facilidade de sobreposição de várias camadas de informação, ferramentas de análises espaciais e módulos de produção de mapas mais ágeis e eficientes.

Apesar da utilização de programas de geoprocessamento por alguns tipos de profissionais, muitos outros continuaram a usar programas de CAD para elaboração de seus mapas, apesar de suas limitações. O principal motivo para isso é o fato de

que o conhecimento de CAD era amplamente difundido entre profissionais de várias áreas de atuação no meio empresarial e científico, enquanto softwares de geoprocessamento eram uma novidade menos acessível para os que já estavam acostumados com o CAD.

Essa tendência atingiu também os profissionais e pesquisadores da área da espeleologia, que continuam atualmente utilizando softwares de CAD como padrão metodológico para confecção de seus mapas (ASSUNÇÃO, 2015).

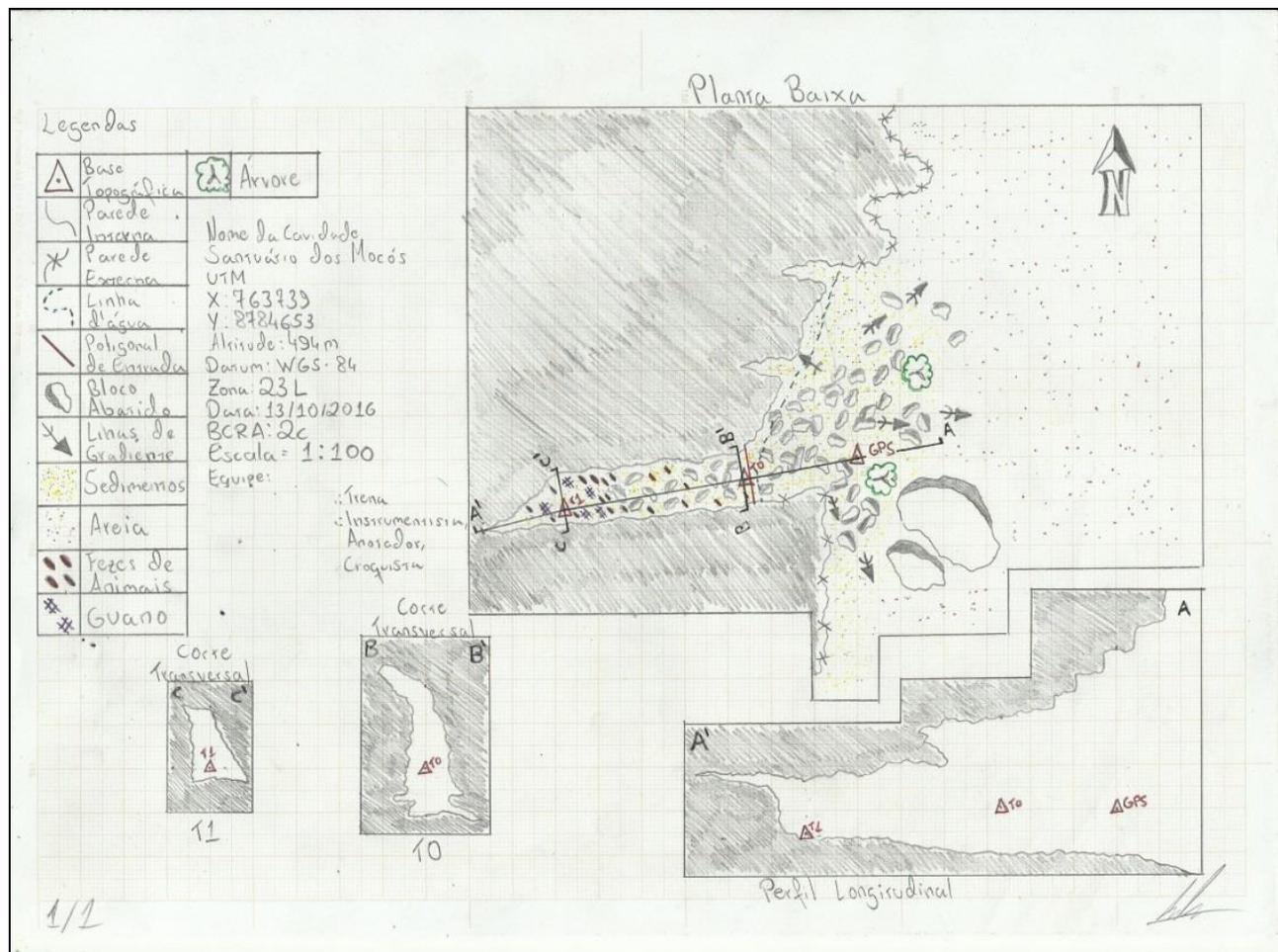
Esse trabalho tem o objetivo de desmistificar a necessidade de utilização de programas de CAD para elaboração de mapas digitais de cavidades, através da descrição da metodologia para digitalização do croqui de uma cavidade usando somente o software ArcGIS 10.4. O artigo ainda pretende discutir sobre as vantagens da utilização de programas de geoprocessamento como alternativa ao CAD para esse tipo de atividade.

## 2. METODOLOGIA

A versão do software utilizada foi o ArcGIS 10.4 Basic. Todas as ferramentas necessárias para as atividades descritas estão inclusas por padrão no

programa, sem a necessidade de adquirir extensões adicionais.

A cavidade utilizada para atividade foi a Santuário dos Mocós, localizada no município de Xique-Xique na Bahia (Figura 1).



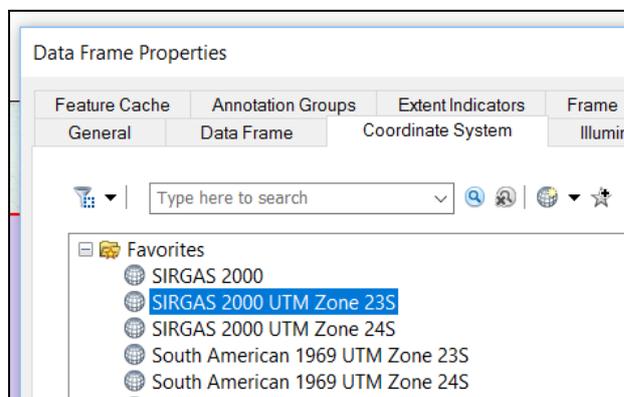
**Figura 1:** Croqui escaneado da cavidade Santuário dos Mocós.

Por ser um programa de geoprocessamento, voltado para a estruturação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), no ArcGIS trabalha-se sempre com um ambiente georreferenciado, com projeção e datum definidos. Dessa forma, o primeiro passo para começar qualquer trabalho no ArcGIS é definir a o sistema de coordenadas da área de trabalho escolhendo a projeção e datum desejados nas opções disponíveis em **Data Frame Properties> Coordinate Systems** (Figura 2).

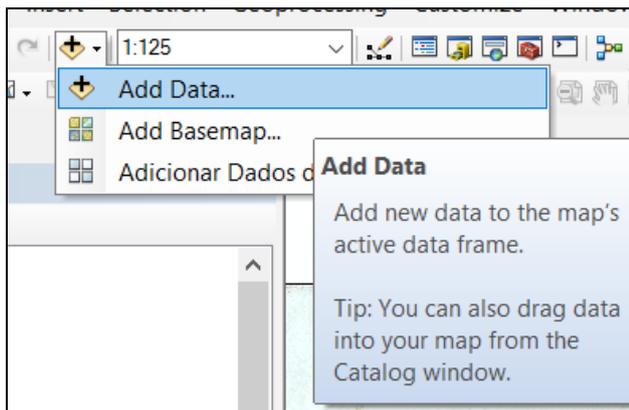
O sistema de projeção escolhido foi UTM e o Datum SIRGAS 2000. Os mesmos parâmetros que foram utilizados para a coleta do ponto de GPS de localização da cavidade em campo.

Após definido o sistema de coordenadas que será utilizado para digitalização do croqui, deve ser adicionado ao ambiente de trabalho do ArcGIS o arquivo de imagem contendo o croqui escaneado.

Para isso, deve ser utilizado o botão **Add Data** e navegar até a pasta onde o arquivo está armazenado (Figura 3).



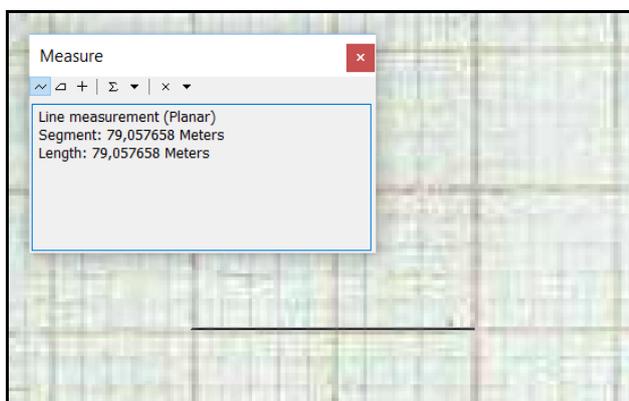
**Figura 2:** Definição de projeção e datum da área de trabalho do ArcGIS.



**Figura 3:** Adição da imagem escaneada do croqui da cavidade à área de trabalho.

Com a imagem do croqui adicionada a área de trabalho, deve-se agora, definir sua escala e posicionamento espacial.

Para definir a escala o primeiro passo é calcular o fator de escala para conversão da imagem original para seu tamanho desejado. Isso é feito utilizando a ferramenta **Measure** e medindo uma quadrícula do papel milimetrado para servir como referência (Figura 4).



**Figura 4:** Medição de quadrícula de referência.

No caso desse croqui, que foi produzido em escala de 1:100, cada quadrícula de 1 centímetro do papel deveria medir 1 metro na tela do ArcGIS. Essa relação vai variar de acordo com a escala utilizada.

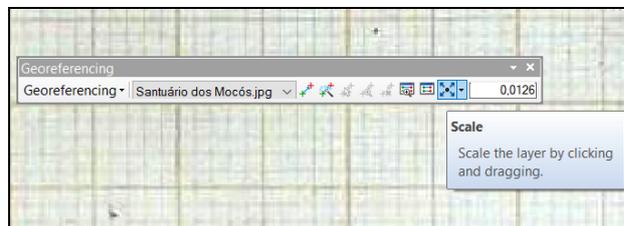
Para calcular o fator de escala que será utilizado para adequar a imagem, basta utilizar a seguinte fórmula:

$$\text{Fator de escala} = \text{valor desejado} / \text{valor medido}$$

$$\text{Fator de escala} = 1\text{m} / 79,05\text{m}$$

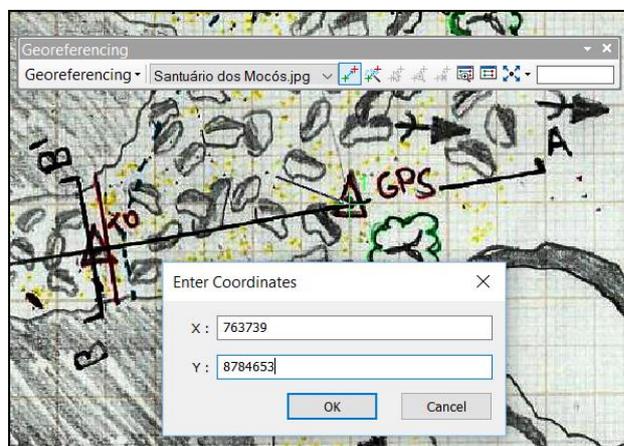
$$\text{Fator de escala} = 0,0126$$

Tendo calculado o fator de escala, basta habilitar a barra de ferramentas **Georeferencing**, escolher a ferramenta **Scale**, e inserir o valor obtido na caixa de texto no final da barra (Figura 5).



**Figura 5:** Redefinição da escala do croqui escaneado.

Após a definição da escala correta, é necessário georreferenciar a imagem para corrigir seu posicionamento. Isso é feito inserindo um ponto de amarração no local onde está marcado no croqui como ponto coletado por GPS. Essa operação é realizada utilizando a ferramenta **Add Control Points** da barra **Georeferencing** e inserindo as coordenadas coletadas em campo. Tendo finalizado o georreferenciamento, deve-se utilizar a opção **Georeferencing>Rectify** da barra **Georeferencing** para salvar um novo arquivo agora com a imagem possuindo escala e posicionamento corretos (Figura 6).



**Figura 6:** Georreferenciamento.

Para criar as camadas vetoriais e digitalizar o croqui, o primeiro passo é criar arquivos do formato Shapefile do ArcGIS. Esse formato de dado armazena informações tanto de geometrias como atributos alfanuméricos relacionados às formas desenhadas. Esse é o tipo de arquivo utilizado como camada editável, que permite criação de vetores no ArcGIS. Para criar novos shapefiles deve-se utilizar o módulo **Catalog**, navegar até a pasta desejada, clicar com o botão direito e escolher a opção **New>Shapefile** (Figura 7).

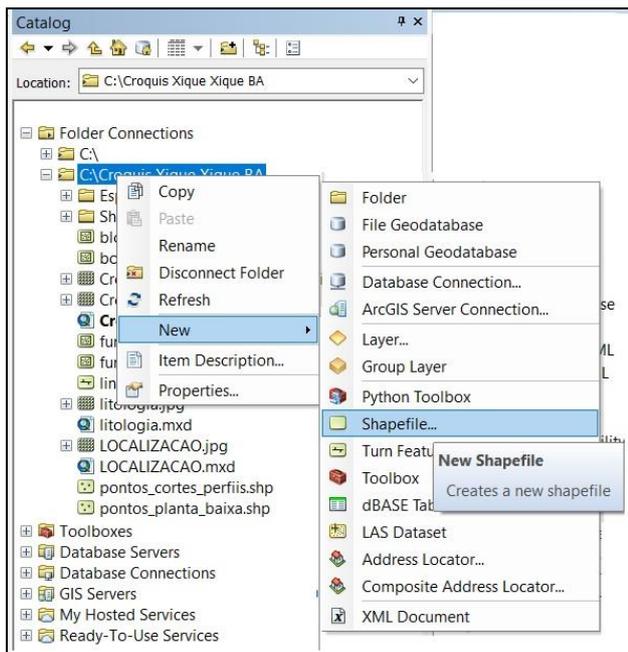


Figura 7: Criação de novos shapefiles no Catalog.

É importante lembrar que cada arquivo shapefile armazena somente um tipo de geometria, sendo elas pontos, linhas ou polígonos. Então deve-se pensar qual a finalidade de cada arquivo criado para gerar os dados de forma correta.

Deve-se também definir a projeção e o datum de cada shapefile no momento de sua criação.

Após criados os shapefiles se tornam camadas evitáveis na área de trabalho e podem ser utilizadas as diversas ferramentas da barra Editor para desenhar as feições visualizadas no croqui (Figura 8).

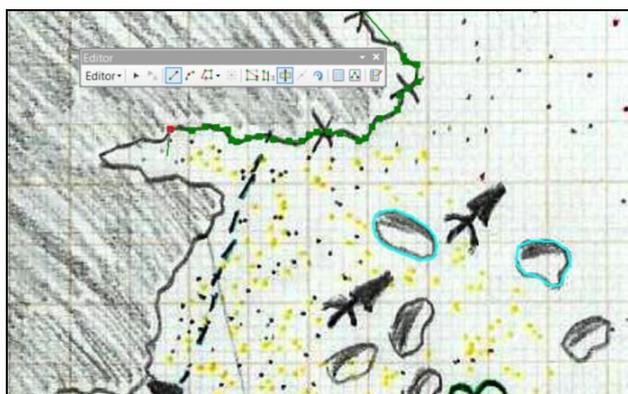


Figura 8: Vetorização de feições no croqui.

Para evitar que surjam imperfeições topológicas durante a vetorização de grandes áreas adjacentes como os polígonos da planta baixa dos croquis de cavidades, recomenda-se não criar cada polígono individualmente, mas sim recobrir toda área a ser digitalizada com um grande polígono e

recortá-lo aos poucos utilizando a ferramenta **Cut Polygon** da barra **Editor**, para obter feições com as bordas exatamente sobrepostas. Esse método evita erros durante os cálculos dos valores de espeleometria que utilizam as áreas dos polígonos desenhados.

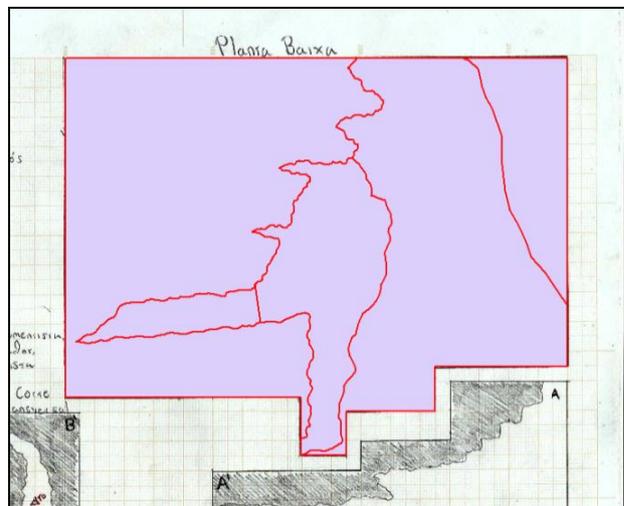


Figura 9: Método de cobertura e recorte da área da planta baixa.

Após desenhar todas as geometrias necessárias é o momento de preencher a tabela de atributos de cada camada, classificando cada ponto, linha ou polígono de acordo com sua classe específica. Isso permitirá que sejam criadas simbologias baseadas nesses valores, criando classificações de diferentes símbolos para cada camada. É também através da tabela de atributos que dados como áreas e comprimentos das geometrias, que serão usados para a espeleometria, são calculados e armazenados, utilizando a opção Calculate Geometry (Figura 10).

Também é possível conciliar a criação de novas geometrias e preenchimento de atributos em tempo real utilizando o recurso de **Templates**. Para ativar esse recurso é necessário clicar na opção **Create Features** da barra editor. Os templates permitem escolher um item de uma camada por sua simbologia e em seguida clicar no mapa na posição onde deseja-se o novo item seja inserido. Dessa forma é criada uma nova geometria no mapa, já com sua simbologia e atributos preenchidos automaticamente, aumentando a produtividade (Figura 11).

O ArcGIS possui uma ampla biblioteca de símbolos, incluindo alguns específicos para espeleologia. Mas nem sempre todos os símbolos necessários estão disponíveis por padrão. No caso desse croqui foi necessário criar uma simbologia

que não existia na biblioteca do software, para Pintura Rupestre. Esse símbolo foi desenhado em um software de edição de gráficos e salvo no formato Bitmap, que pode ser importado e utilizado como simbologia para pontos utilizando a opção **Picture Marker Symbol** (Figura 12).

FID	Shape *	Tipo	Nome	Rt
0	Point	Base topográfica	GPS	
1	Point	Base topográfica	T0	
2	Point	Base topográfica	T1	
3	Point	Árvore		
4	Point	Árvore		
5	Point	Fezes de animal		
6	Point	Fezes de animal		
7	Point	Fezes de animal		
8	Point	Fezes de animal		
9	Point	Fezes de animal		
10	Point	Fezes de animal		
11	Point	Fezes de animal		
12	Point	Fezes de animal		

Figura 10: Preenchimento de tabelas de atributos.

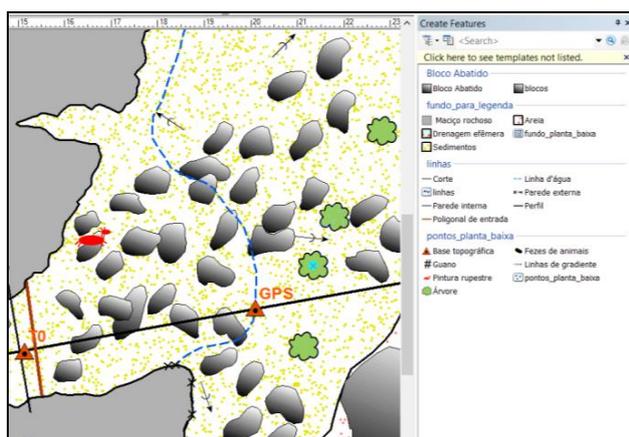


Figura 11: Utilização de templates.

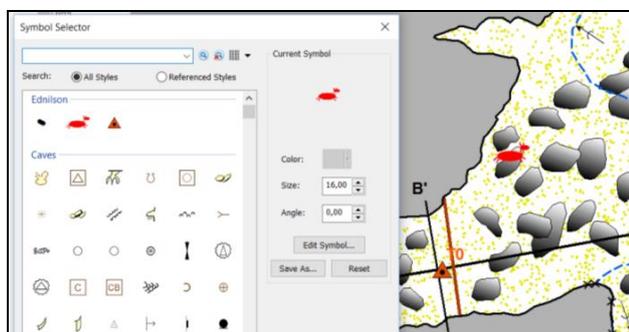


Figura 12: Criação de Simbologia personalizada.

A última etapa na digitalização do croqui é a produção do layout do mapa com todos elementos gráficos necessários, como orientação, legenda, escala, grade coordenadas, textos e setas. Através do menu **Insert** no modo **Layout**, é possível adicionar

todos esses elementos de forma simples e intuitiva, utilizando o botão direito para alterar as propriedades de cada elemento após inseridos (Figura 13).

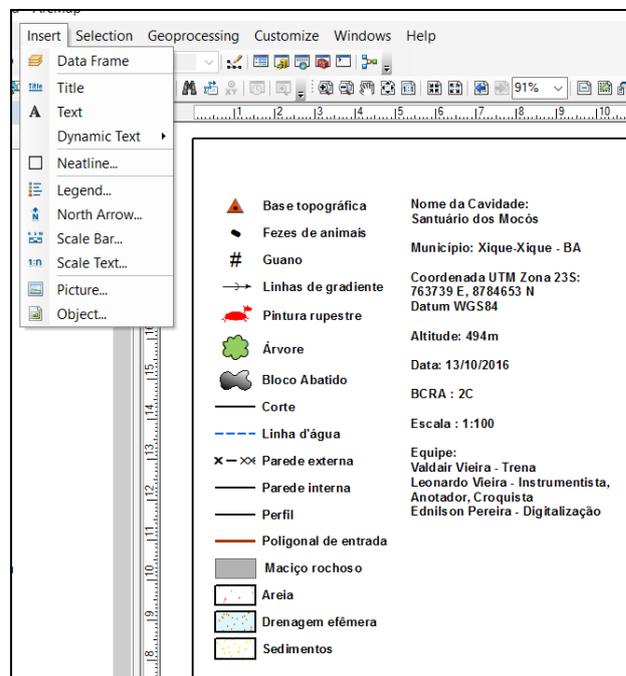


Figura 13: Inserção de elementos gráficos para finalização do Layout.

### 3. DISCUSSÃO E RESULTADOS

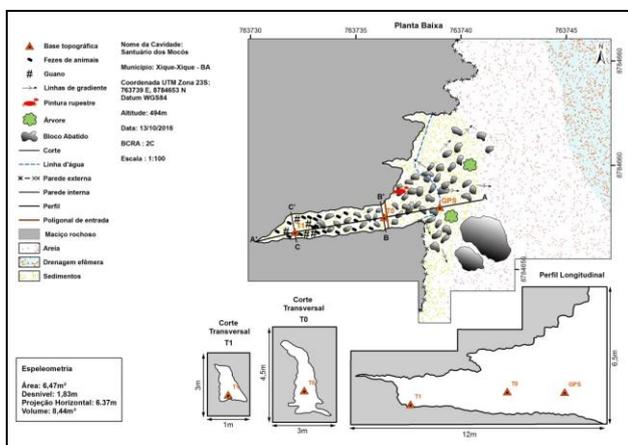
Como era de se esperar o mapa resultante da digitalização em ArcGIS possui alta qualidade de apresentação. Os recursos gráficos avançados permitem maior liberdade e versatilidade na criação do layout final (Figura 14). A possibilidade de personalização de simbologias permite criar bibliotecas de símbolos específicas para a espeleologia em tempo real e sem grandes dificuldades, devido a sua interface amigável.

Não foram encontradas dificuldades na elaboração do mapa, todos os elementos necessários para compor o croqui da forma como ele foi imaginado pelo autor em campo puderam ser adicionados ao mapa sem problemas.

Alterações no produto finalizado puderam ser executadas com facilidade devido a simbologia e elementos gráficos do layout serem separados das geometrias, o que permite editar separadamente a apresentação e o conteúdo das camadas vetoriais.

Uma vantagem importante é que softwares de geoprocessamento trabalham com bases de dados georreferenciadas e não são somente focados no desenho como os programas de CAD. Isso resulta em um produto final que além de ter a finalidade de

apresentação do croqui da cavidade, também gera dados consistentes, topologicamente precisos e georreferenciados que estão prontos para serem inseridos em bancos de dados geográficos de SIG (Figura 15). Isso elimina a necessidade de georreferenciamento, conversão de formatos e preenchimento de atributos que ocorre com desenhos em CAD. Levando em conta que empresas e pesquisadores, cada vez mais tem utilizado análises espaciais para responder questões da espeleologia (ARAUJO, 2011) e (OLIVEIRA-GALVÃO, 2011), faz todo sentido tirar proveito de um software preparado para lidar com informações espacializadas como o ArcGIS, para extrair informações de maior qualidade dos dados primários coletados em campo.



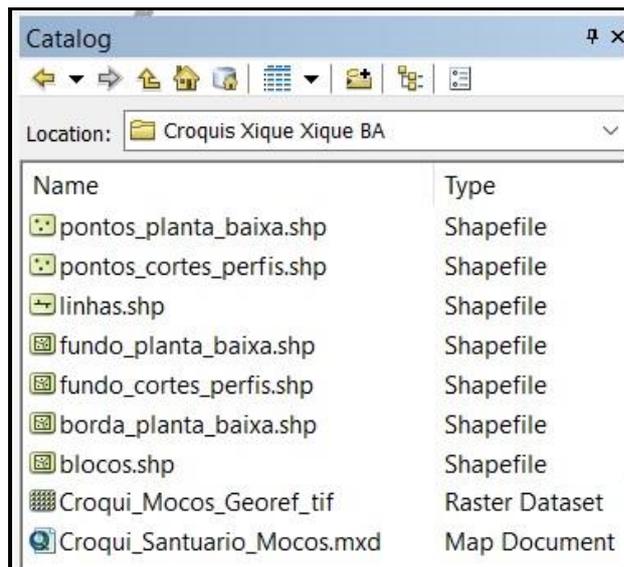
**Figura 14:** Croqui da cavidade finalizado em ArcGIS.

Através das tabelas de atributos dos shapefiles, valores como comprimentos e áreas de todas as feições dos croquis são calculadas e armazenadas, podendo ser consultadas facilmente. Dessa forma foi possível calcular todos os dados necessários para a espeleometria da cavidade com precisão (Figura 16).

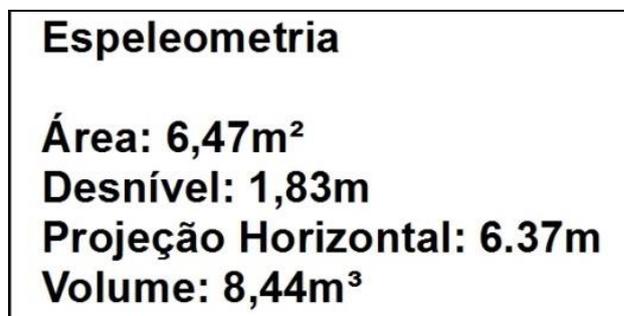
Um diferencial do ArcGIS é que ele está preparado para lidar com grandes volumes de informações e permite, por exemplo, gerar relatórios de áreas das plantas baixas de milhares de cavidades de uma só vez, sem a necessidade de manipular arquivos individualmente como ocorre com desenhos em CAD.

#### 4. CONCLUSÕES

Por costume ou desconhecimento de alternativas, os profissionais da área de espeleologia se apegaram a utilização de programas de CAD para confecção de mapas, apesar das limitações desse tipo de software.



**Figura 15:** Base de dados final.



**Figura 16:** Espeleometria.

Esse trabalho demonstra que é possível utilizar, programas de geoprocessamento em todas as etapas da elaboração de croquis de cavidades, como uma excelente alternativa aos programas do tipo CAD, podendo substituí-los sem perdas em produtividade e qualidade dos mapas.

Por apresentarem métodos de controle topológico dos dados digitalizados mais eficiente que programas de CAD, programas de geoprocessamento auxiliam o profissional a obter maior precisão nas medidas necessárias para a espeleometria evitando erros e retrabalho.

A base de dados estruturada e georreferenciada produzida por softwares de geoprocessamento traz maior facilidade para análises espaciais e estatísticas, o que pode facilitar pesquisas importantes em espeleologia e aumentar a produtividade em empresas de consultoria ambiental.

Seria importante ainda, o estudo de alternativas de softwares livres de geoprocessamento como o QGIS, para essa mesma finalidade. O que possibilitaria uma solução de baixo custo para digitalização de croquis.

## REFERÊNCIAS

- ARAUJO, R.; PROUS, X.; IRACI, S.. **Estruturação de um banco de dados de espeleologia para suporte à tomada de decisões.** CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 31, 2011. Ponta Grossa. Anais. [http://www.cavernas.org.br/anais31cbe/31cbe\\_593-600.pdf](http://www.cavernas.org.br/anais31cbe/31cbe_593-600.pdf).
- ASSUNÇÃO, P.H.S.; BRAGANTE-FILHO, M.A.. **Atual metodologia de mapeamento de cavernas realizada pela Sociedade Excursionista e Espeleológica – SEE.** In: RASTEIRO, M.A.; SALLUN FILHO, W. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 33, 2015. Eldorado. Anais... Campinas: SBE, 2015. p.275-280. [http://www.cavernas.org.br/anais33cbe/33cbe\\_275-280.pdf](http://www.cavernas.org.br/anais33cbe/33cbe_275-280.pdf).
- ESRI. **Understanding GIS—The ARC/INFO method.** Redlands: ESRI, 1999, 602 p.
- OLIVEIRA-GALVÃO A.. **O uso do geoprocessamento como ferramenta de apoio ao cadastramento e caracterização geoambiental de cavernas pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV.** SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XV, 2011. Curitiba. Anais... Brasília: INPE, 2011 p.3687.