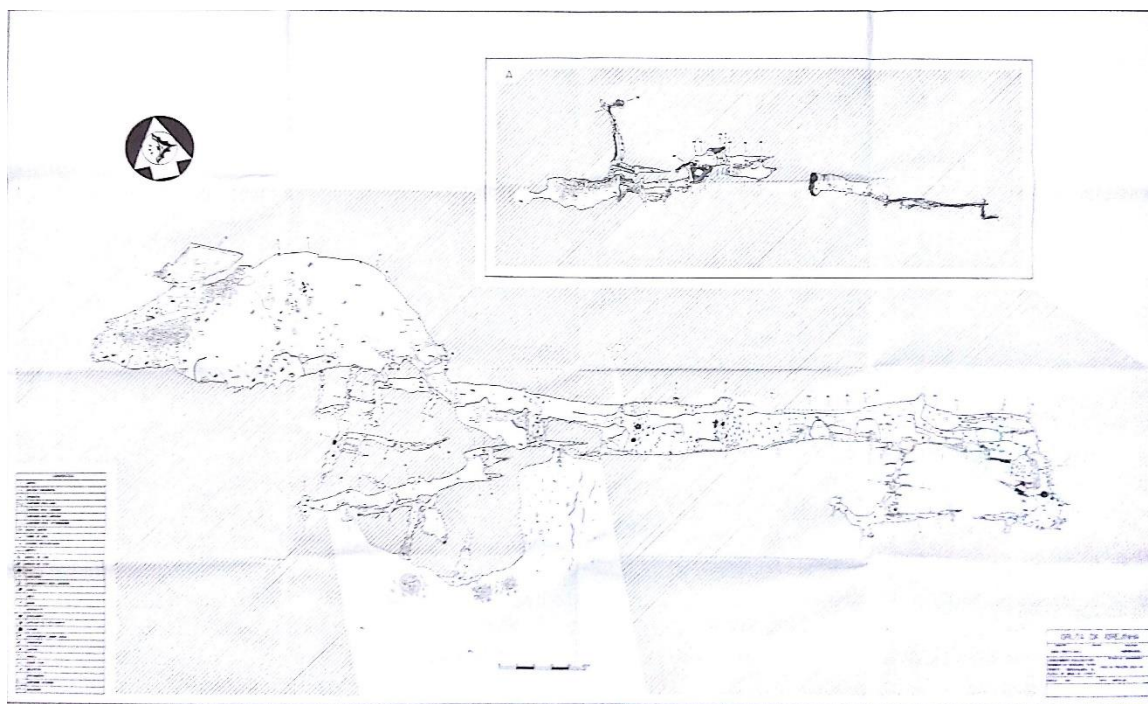


# A História do TOPGRU

A história do Topgru começou em longas madrugadas de meados dos anos 1980 comigo ainda estudante plotando estações topográficas e leituras direitas e esquerdas e perfis retificados com régua, esquadros, transferidor, compasso e escalímetro, na sede da Sociedade Excursionista e Espeleológica - SEE -, entidade que eu fazia parte quando estudante e que ainda sou membro ex-aluno. Ao longo desse tedioso processo eu sempre me perguntava se não haveria alguma maneira de realizar esse processo automaticamente. Nessa época eu já tinha ajudado em uma “cirurgia” no papel branco em que a topografia era da Lapa Nova de Vazante, MG, onde uma distância mal colocada de 5 metros de no desenho foi “extirpada” cortando-se com gilete e recolada com numerosas tiras de durex com a ajuda de uns 4 companheiros para que tudo se mantivesse no local. Eu mesmo, ao longo dessas solitárias e cansativas madrugadas no Beco da Ferraria, atrás da Escola de Minas de Ouro Preto, já tinha errado a plotagem de estações várias vezes, me obrigando a conferir diversas vezes para assegurar que o mapa da gruta não saísse todo errado. E pensava... “deve haver alguma maneira mais fácil...”.

A primeira grande novidade que deu origem ao Topgru, foi uma visita à excelente Copiadora Brasileira, em uma das minhas idas a Belo Horizonte, quando descobri que tinham rolos de papel milimetrado de 1,10m de largura. Isso, então era realmente uma grande novidade! Comprei imediatamente um rolo, pois usando papel milimetrado não teria mais que “transpor” o Norte com os esquadros, um processo delicado, sempre sujeito a erros. E nesse método foi plotada a topografia da Gruta da Igreja, Ouro Preto, MG em 1985, com um razoável ganho de produtividade e qualidade. Mas eu continuava pensando... “deve haver alguma maneira mais fácil...”.



Mapa da Gruta da Igreja, publicado como encarte na Revista da Escola de Minas, 3º trimestre de 1986.

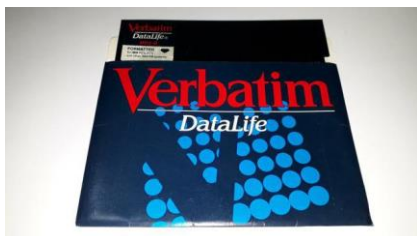
A segunda grande novidade progenitora do programa foi que, no convênio assinado entre a Petrobrás para a pós graduação em Geologia e Engenharia de Minas da UFOP, o Laboratório de computação da pós teria acesso ao computador *mainframe* CYBER 170/720 (um supercomputador fantástico para a época) do Centro de Pesquisa da Petrobrás. É claro que o laboratório era exclusivo para a pós-graduação, mas com uma boa conversa e explicando os nobres motivos do meu pedido (a maneira mais fácil de fazer...), tive autorização para uso (obrigado Armando Zaupa) quando não conflitasse com as outras prioridades do laboratório (ou seja, mais madrugadas...). Lembro que eu ficava procurando ver a toda hora se havia algum terminal livre e com a ajuda incomensurável dos analistas e amigos Moacir e Marcílio (obrigado!) pude ir aos poucos vencendo os desafios que era fazer de uma maneira mais fácil.



Funcionária Elaine Penney operando um Mainframe Cyber 170/7200 no 6º Esquadrão de Alerta de Mísseis em outubro de 1986. Foto de domínio público acessada em 02/06/2020 em [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PAVE\\_Paws\\_Computer\\_Room.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PAVE_Paws_Computer_Room.jpg)

É preciso entender o que significava esse acesso em 1985. Havia uma Lei de Informática maluca (que representou anos de atraso tecnológico para o Brasil), que quase impossibilitava a importação de computadores. Assim PCs, que tinham sido lançados em 1981, eram um sonho de consumo, além de serem caríssimos nas poucas vezes em que se permitia a importação. Esse maravilhoso e grande Cyber era utilizado até no sistema de defesa americano e tinha uma velocidade vertiginosa de 0,9 MIPS (Milhões de Instruções por Segundo). Para vocês terem uma idéia da evolução, o processador notebook onde escrevo este texto tem uma velocidade de 221.720 MIPS. Acesso a uma maravilha dessas era todo um privilégio!

Estar em Ouro Preto e ter acesso a um terminal de computador a 500 km de distância no Rio de Janeiro, conectado por um modem com a estonteante velocidade de 1,200 kbps (minha internet de casa é conectada a 10 Mbps) parecia filme se ficção científica na época. Utilizávamos uns monitores de fósforo verde, com um teclado que cada vez em que se introduzia uma linha de texto (ou código) demorava uns 3 segundos para aceitar, quando a linha estava boa! Para salvar o programa e seus resultados, tínhamos uma conexão com um computador pessoal de 8 bits Scopus e salvávamos em arquivos em discos de 8 polegadas com a enorme capacidade de 256 kB (meu celular tem 128 MB de memória).



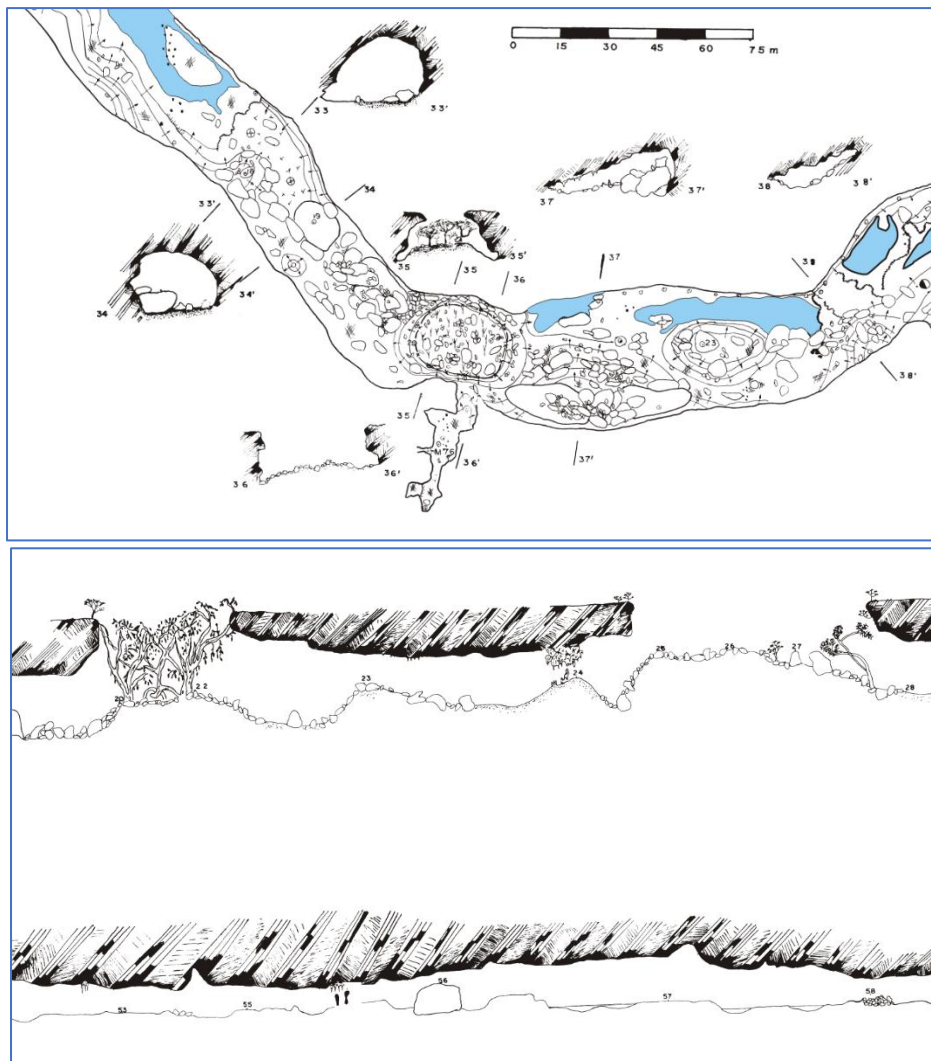
Disquete de 8 polegadas Verbatim, de 360 kB de capacidade.



Microcomputador Scopus de 8 bits, com monitor de fósforo verde,

Assim, passo a passo, foi sendo feito o código inicial do TOPGRU e em meados de 1986 estava funcionando. Isso permitia uma enorme evolução, tanto no tempo de plotagem das estações no rolo de papel milimetrado, quanto na confiabilidade da topografia passada. Eliminava-se o erro gráfico acumulado da “ponta da lapiseira” já que toda vez que se coloca um ponto no papel ocorre um erro de no mínimo (com muito capricho e se não houver) de 0,5 mm, o que na escala de 1:200 quer dizer 10 cm por estação. Em uma gruta como a Gruta da Igreja, com umas 100 estações na linha base, já representava um erro de 10 metros na estação mais distante, se tudo

fosse muito bem feito. Além disso, se acabava com o engano (“*blunder*”, em inglês). Ou seja, se uma estação fosse mal plotada, o erro era exclusivo dessa estação, não tinha repercussão sobre as demais. Era só apagar a estação errada e colocá-la no lugar certo. Ou seja, não haveria “cirurgia” como no caso da Lapa Nova.



Detalhes da Planta Baixa e de Perfis Retificados da Gruta Convento, posteriormente digitalizada.

Com todo esse avanço preparado, era a hora de testar a novidade. Veio o mapeamento da Gruta Convento e outras (que não participei em campo, mas ajudei no escritório), em Campo Formoso, BA. Para topografar seus mais de 9 km, foram necessárias várias excursões e um total de 474 estações para serem plotadas, que digitamos no computador entre alguns (Hélio “Jacu” Lazarim certamente se lembra bem).

A escala definida era de 1:750. Como fazer para caber uma gruta tão grande em um papel milimetrado de só 1,10 m de largura, que era a largura máxima do rolo? Um grande desafio para o estreante TOPGRU. Com algumas alterações no código, calculando máximos e mínimos, fomos girando a declinação do Norte até que encontramos um ângulo em que cabia toda a gruta: 73°! Nem 72, nem 74 nem nenhum outro ângulo! Toda uma vitória para o TOPGRU. Acho que por conta dessa rotação o enorme mapa da Convento, de 7 metros, está com o Norte Magnético e não o Verdadeiro plotado até hoje.

Mas passar para o papel milimetrado manualmente 474 estações, suas leituras direitas e esquerdas de vante e de ré, ainda nos obrigou a passar várias madrugadas trabalhando e assim o mapa da gruta do Convento passo a ser o primeiro de uma gruta no Brasil feito com o auxílio de computadores. Os mapas de várias outras grutas foram feitos com essa metodologia (Tapuio, Bodim, Sinim, Troncão, São José, a parte norte do Lapão de Lençóis, entre outras). Mas eu continuava pensando... deve haver alguma maneira mais fácil...

Em 1987 pude ter acesso aos primeiros “similares” nacionais de PCs do Laboratório de Computação (como eram caros!) e em pouco tempo adaptei o programa para PC. Esses dados e programas eram guardados nos maravilhosos novos disquetes de 5<sup>1/4</sup> polegadas de 320kB que permitiam ter o sistema operacional em um disquete, o arquivo executável e o compilador em outro e os dados e resultados em um terceiro (só o PC do analista de sistemas tinha HD, de 10MB, que na época era chamado de “Winchester”). Só que o computador só





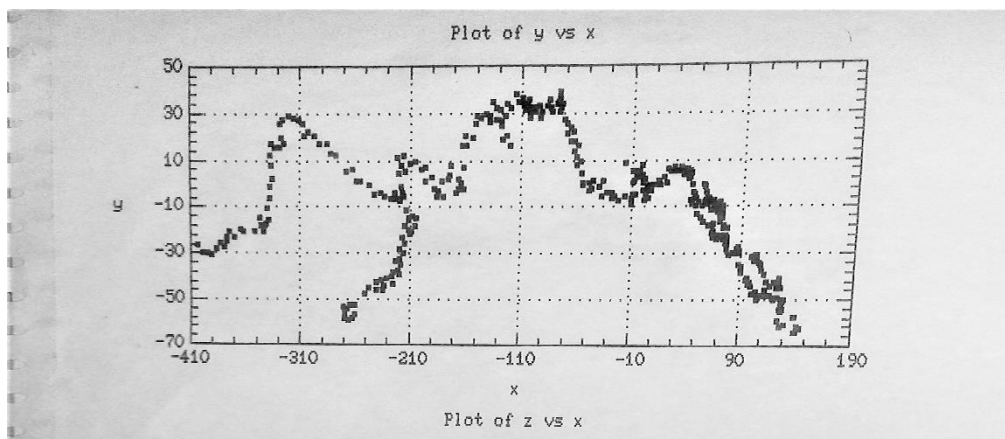
tinha duas disqueteiras. Assim arrancávamos o computador com um disquete, tirávamos esse e colocávamos o do programa, executávamos com os dados do outro e, se precisássemos fazer alguma mudança, tirávamos o disquete do programa, colocávamos o do sistema operacional e assim por diante... e achávamos uma maravilha!!

Computador Microtec PC similar (mais avançado) do que aquele que utilizávamos para executar o TOPGRU

Disquete de 5<sup>1/4</sup> polegadas, de 360 kB.

No final de 1987 publiquei na Revista da Escola de Minas um artigo intitulado “Computação Aplicada à Topografia de Cavernas”, que era para eu ter apresentado no Congresso Brasileiro de Espeleologia de 1986, mas encerraram o Congresso antes da minha apresentação. Assim, apresentei no Congresso seguinte, em setembro, que organizamos em Ouro Preto, comemorando os 50 anos da SEE. Na época não havia dinheiro para a publicação de Anais de Congressos, assim a REM era uma grande apoiadora na divulgação dos nossos trabalhos de Espeleologia.

Eu ainda queria que fosse mais fácil ter as estações colocadas sobre papel. Assim que fiz alguns testes em imprimir em uma impressora matricial, com um resultado bastante ruim. Realmente, impressoras matriciais não seriam a solução para facilitar o trabalho...



Tentativa de plotagem da Gruta Convento em impressora matricial. Embora o resultado tenha sido ruim, foi a minha primeira plotagem de estações de uma gruta

Nos últimos meses de 1988, quando eu estava completamente enroado em terminar meu Trabalho Geológico para poder me formar, chegou uma grande novidade ao Laboratório de Computação do DEGEO/DEMIN: um

plotter, tamanho A3. Rapidamente criei um programinha, (TOPPLOT, depois PLOTGRU, quando juntei os dois) e plotei a linha de centro da Gruta Convento... todo um êxito, mas o tamanho A3 era muito pequeno para ser útil, a não ser em grutas muito pequenas. Mas eu me deliciava vendo o Plotter pegar a canetinha cheia de tinta e ir plotando as estações, escrevendo seu nome, as linhas de visada, uma a uma... ficava quase hipnotizado. Plotei algumas cópias, mas acho que não guardei nenhuma (não achei, ao menos). Lembro-me de ter dado uma ao Clayton Lino, quando ele se preparava para escrever seu ótimo livro “Cavernas: o Fascinante Brasil Subterrâneo” e outra pro falecido Peninha, um grande geólogo e espeleólogo que fazia mestrado em Ouro Preto na época e pode ser que tenha alguma perda em algum arquivo empoeirado da SEE... mas estava ficando mais fácil. Um Plotter maior e já seria possível fazer todo o trabalho de plotagem em minutos, além de abrir as possibilidades de fazer todo o desenho da gruta em AutoCad, que já começava a despontar como um software na época.

No final de 1988 me formei e fui para a Espanha estudar Hidrogeologia no ano seguinte, deixando o programa funcionando na SEE. Lá continuei com a Espeleologia, mas, como para fazer topografia de grutas é necessário um grupo de pessoas interessadas, acabei me afastando um pouco do tema. Ajudei em diversas topografias, mas não fui o responsável direto pelo processamento dos dados.

No Congresso Internacional de Espeleologia de Budapeste em 1989, pude ver que o TOPGRU estava alinhado com o que havia de melhor de software no mundo, exceto talvez por um programa de um cara genial que conheci ali, Larry Fish. O programa dele já fazia correção de fechamento de poligonais e tinha uma saída gráfica que permitia a visualização das linhas de visada e leituras. Entendia muito do assunto esse rapaz. Uma década depois, já em tempos de Internet (sim, não havia internet na época) ele lançou um software chamado COMPASS, ainda disponível e em desenvolvimento atualmente e certamente uma referência no tema. Palmas para ele!

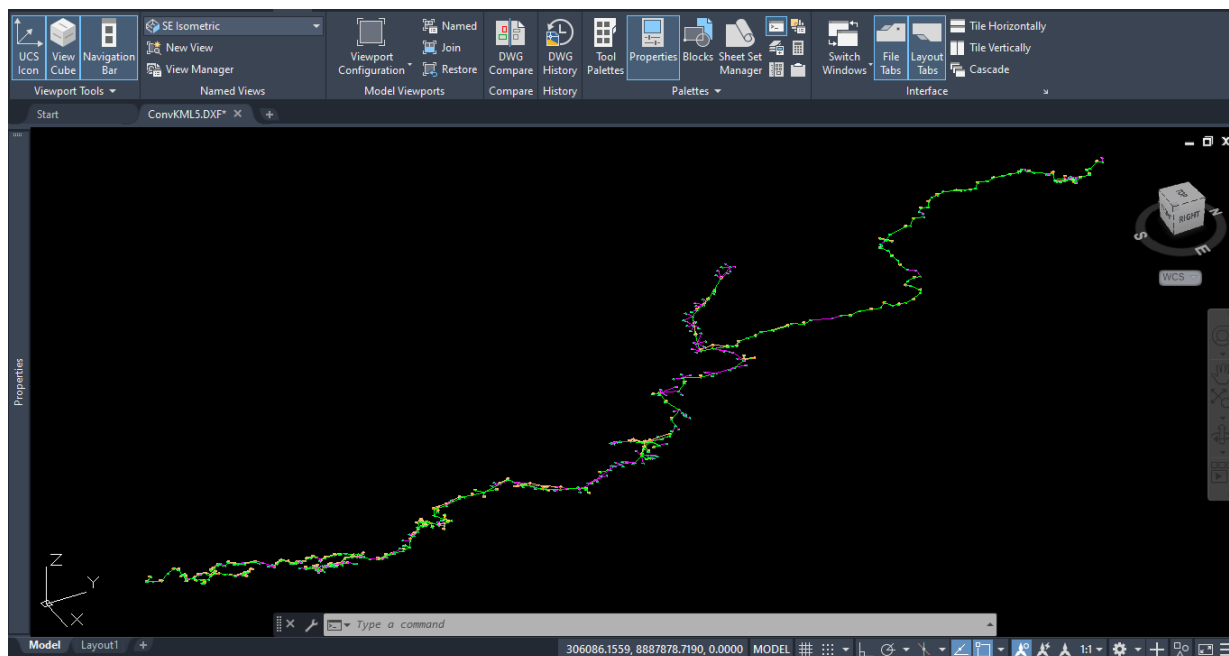
Em 1990, em uma breve passagem como bolsista do Laboratório de Computação do DEGEO/DEMIN, entre minha especialização e meu curso de doutorado, vi que havia chegado um Plotter A1! A tinta e o papel eram caríssimos, assim que me custou muito convencer a me deixarem usar. De tanto insistir, me concederam o direito de usar uma folha... Eu não podia errar... e não errei, mas não sei onde foi parar aquela única folha. Possivelmente foi jogada fora em alguma limpeza das tranqueiras que a gente acaba acumulando. Finalmente, realmente tinha ficado mais fácil. Mas a vida acabou me envolvendo em outros desafios.

Os anos foram passando e surgiram softwares cada vez melhores e minha carreira e meus compromissos profissionais me afastaram bastante da topografia das grutas. Alguns tempos depois soube pelo Ézio Rubiulli que eles estavam topografando a Toca da Boa Vista e fazendo o mapa totalmente digitalizado. A SEE também estava digitalizando seus mapas em CAD e assim, me dei conta que as coisas realmente tinham ficado mais fáceis para todos. Com o surgimento de tantos e maravilhosos softwares, acessíveis pela novidade Internet, nem mesmo eu sequer cogitei mais em usar o TOPGRU, já que claramente tinha ficado defasado. Na realidade, nem sabia mais se eu tinha o programa.

Em 2016 voltei a me encontrar com a SEE (mais uma ótima geração) em Ibitipoca e descobri que meu olho já não permitia a visada precisa que a bússola Brunton sobre tripé necessita para tirar seu melhor rendimento. Seria um triste fim para um topógrafo de grutas, mas o uso de lupa resultou em que minha aposentadoria não tenha acontecido totalmente. Ainda continuo indo para Ibitipoca com eles sempre que posso, para tentar ajudar em algo.

Em 2017, por conta de uma questão profissional, tive que resolver um problema de topografia (de mina subterrânea, não de gruta) onde vi que se eu ainda tivesse meu antigo código seria fácil de solucionar, com apenas algumas modificações. Mas será que eu ainda o tinha? Felizmente, com minha mania de copiar integralmente os dados do HD do computador antigo em um novo, encontrei no oitavo “nível de antiguidade de HD” tanto o programa quanto os dados daquelas primeiras grutas topografadas nos anos 1980. Rapidamente encontrei um compilador FORTRAN grátis na Internet, ajustei uns pequenos problemas de linguagem (eu ainda me lembrava um pouco do velho FORTRAN 77) e “voilà”... funcionando!! Processar os dados da Gruta Convento demorou menos de um décimo de segundo! O fabuloso mainframe CYBER demorava 12 segundos para processar esses mesmo dados.

Fiz a alteração que queria fazer para resolver aquele problema e me entusiasmei um pouco. Apenas por diversão e curiosidade, programei saídas 3D para CAD e para Google Earth. Pude ver a linha base da Gruta Convento, dessa vez com as leituras e alturas também plotadas no CAD e no Google Earth. Mais de 30 anos depois, realmente, tinha ficado mais fácil!



Gruta Convento, Campo Formoso, BA. Trinta anos depois, vista dos seus mais de 9km em perspectiva no CAD.



Gruta Convento e suas entradas vista em 2017 no Google Earth. Dados GPS fornecidos gentilmente fornecidos por André Vieira da SEA - Sociedade Espeleológica Azimute.

Em meu entusiasmo, cheguei a pensar em preparar o TOPGRU para os novos métodos de mapeamento por fotografia e LIDAR, mas estudando um pouco o assunto vi que teria que recomeçar do zero, pois os métodos de programação que utilizei no núcleo do programa lá nos anos 1980, visavam minimizar o uso de memória e maximizar a velocidade. Nem o conceito de Programação Orientada a Objetos havia ainda. Se um programador dos tempos atuais estudar o código, vai ficar horrorizado com as atrocidades computacionais que fiz com o objetivo de reduzir alguns poucos bytes de uso de memória e ganhar alguns segundos de processamento. E novos compromissos profissionais também eram um problema na disponibilidade de tempo e esforço.

Assim, tudo parecia indicar que o destino do TOPGRU, parecido a tantos outros softwares de topografia de grutas, seria passar à desativação e ao esquecimento total.

Até que veio o COVID19, a quarentena e resolvi estudar um software de topografia de grutas que muito tem se desenvolvido, especialmente após o aparecimento da trena a laser/clinômetro/bússola Disto X: o THERION, que é o único que permite de uma maneira consistente, corrigir dados ou ligar grutas com o desenho da gruta já feito, sem ter que refazer tudo de novo. Uma enorme vantagem, especialmente para sistemas de grutas grandes ou numerosos.

Mas, depois de estudar um pouco o software, descobri um PROBLEMA...

## O Problema...

Para estudar o Therion, resolvi utilizar como modelo a Gruta das Casas, em Ibitipoca, MG, uma gruta em quartzito não muito extensa, mas de dimensões notáveis. A SEE tinha me encaminhado gentilmente (obrigado Smigol!) o mapa da gruta em CAD e PDF, assim como as planilhas de topografia escaneadas, que digitei e usei para programar e testar as saídas de CAD e de GoogleEarth do Topgru em 2017. Um excelente exemplo para aprender.

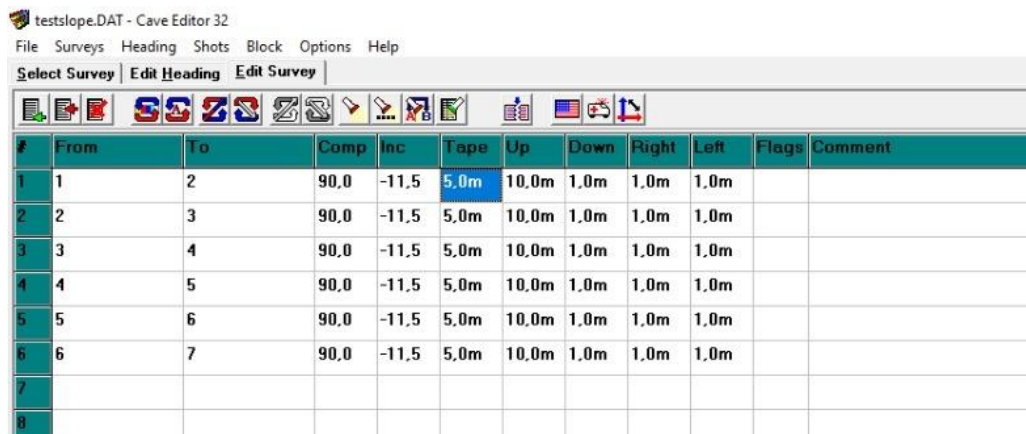
Quando já tinha estudado um pouco e entrado com os dados no THERION, percebi que os fechamentos de poligonal davam erros enormes na altitude. Fui verificar e o THERION entendia que o desnível da Gruta das Casas era de uns 50 metros, enquanto, tanto no mapa quanto nos meus resultados de TOPGRU eram de uns 35 metros.

Para verificar a adequação dos dados, preparei informações topográficas de gruta “falsa”, onde o desnível seria zero e a distância, a direção e altura da gruta seriam únicas, usando a mesma metodologia de levantamento de campo que foi utilizada no mapeamento. Também usei esses dados para executar o COMPASS, para ver o resultado.

testslope.DAT - Cave Editor 32

File Surveys Heading Shots Block Options Help

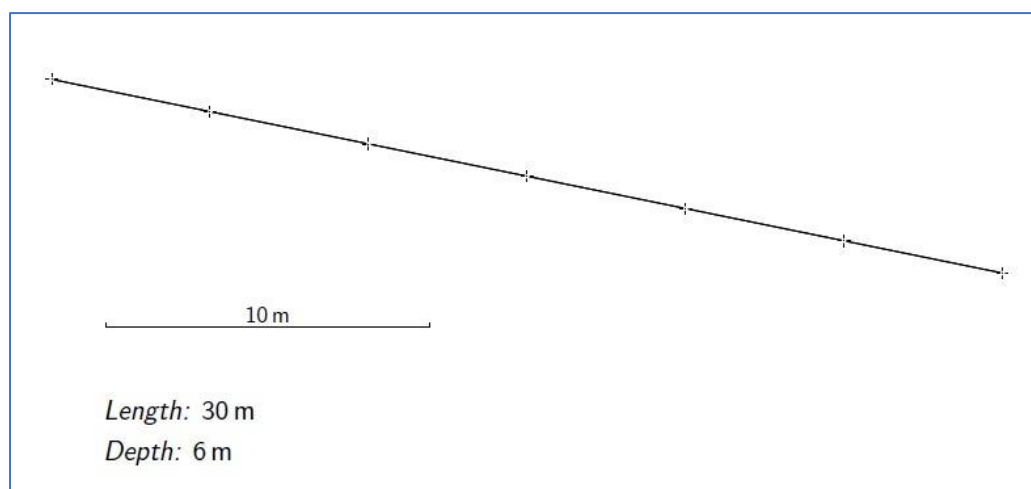
Select Survey Edit Heading Edit Survey



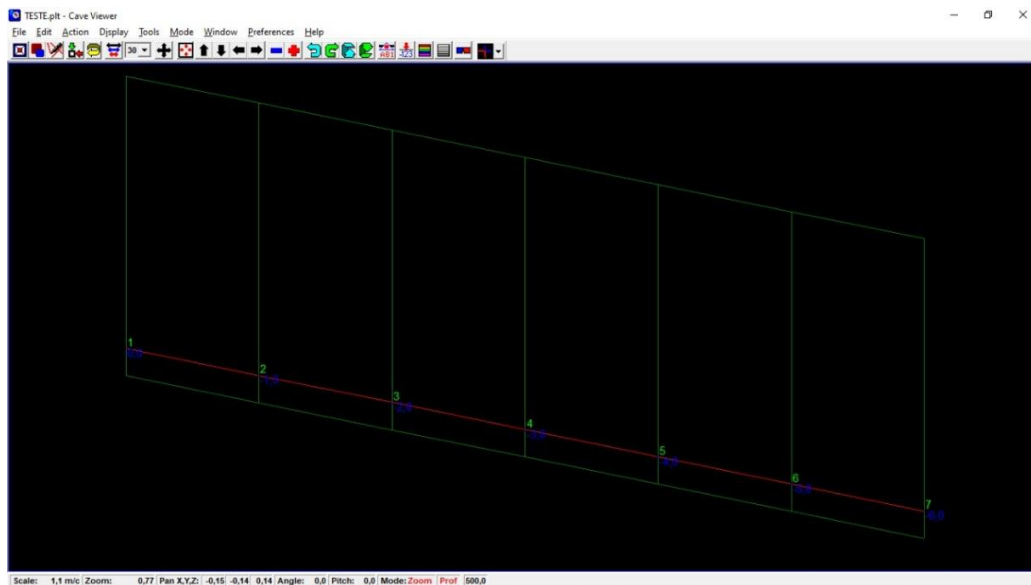
#	From	To	Comp	Inc	Tape	Up	Down	Right	Left	Flags	Comment
1	1	2	90,0	-11,5	5,0m	10,0m	1,0m	1,0m	1,0m		
2	2	3	90,0	-11,5	5,0m	10,0m	1,0m	1,0m	1,0m		
3	3	4	90,0	-11,5	5,0m	10,0m	1,0m	1,0m	1,0m		
4	4	5	90,0	-11,5	5,0m	10,0m	1,0m	1,0m	1,0m		
5	5	6	90,0	-11,5	5,0m	10,0m	1,0m	1,0m	1,0m		
6	6	7	90,0	-11,5	5,0m	10,0m	1,0m	1,0m	1,0m		
7											
8											

Dados da gruta falsa (no COMPASS) para testar a horizontalidade das estações.

Como eu já suspeitava, as estações não estavam em uma mesma horizontal.

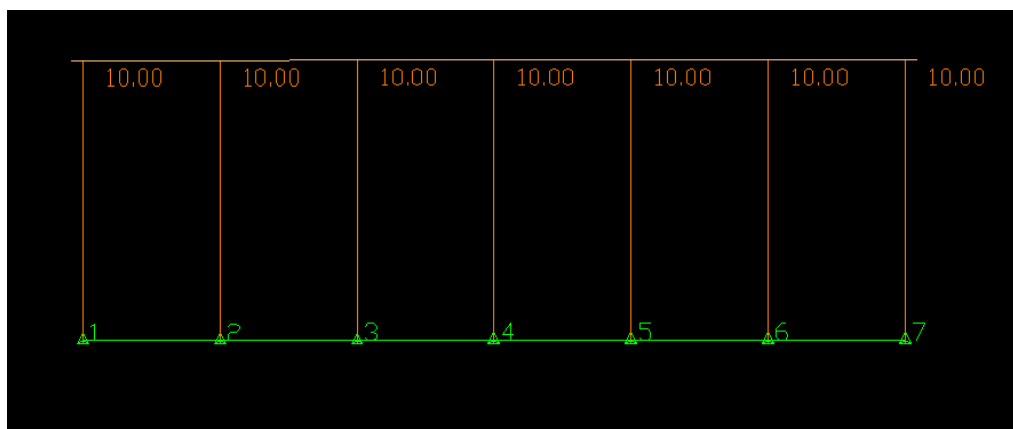


Saída em perfil do THERION



Saída em perfil do COMPASS

Somente as saídas do TOPGRU forneciam o resultado desejado.

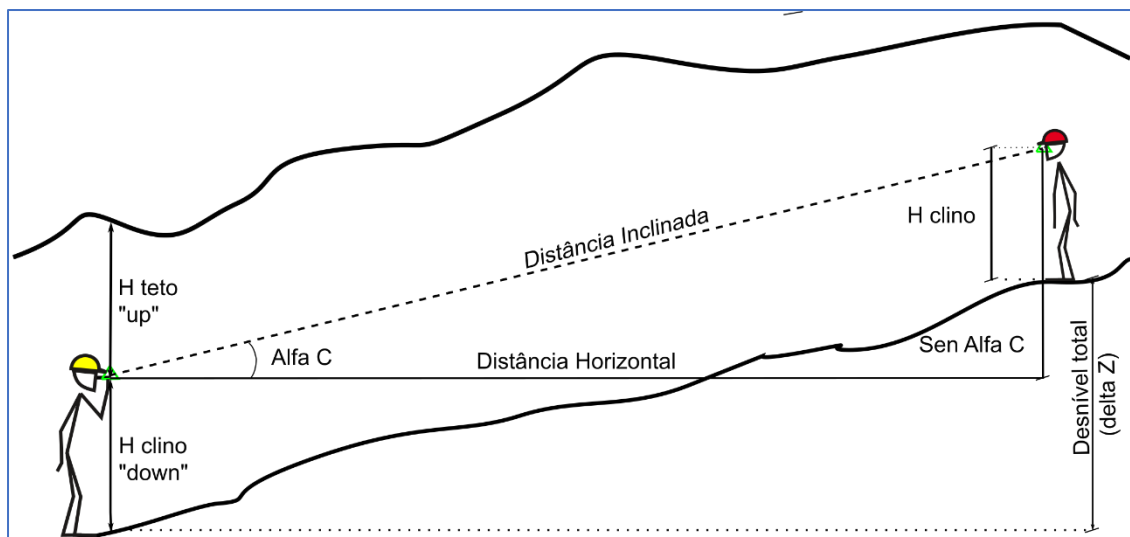


Saída em perfil do TOPGRU vista no CAD.

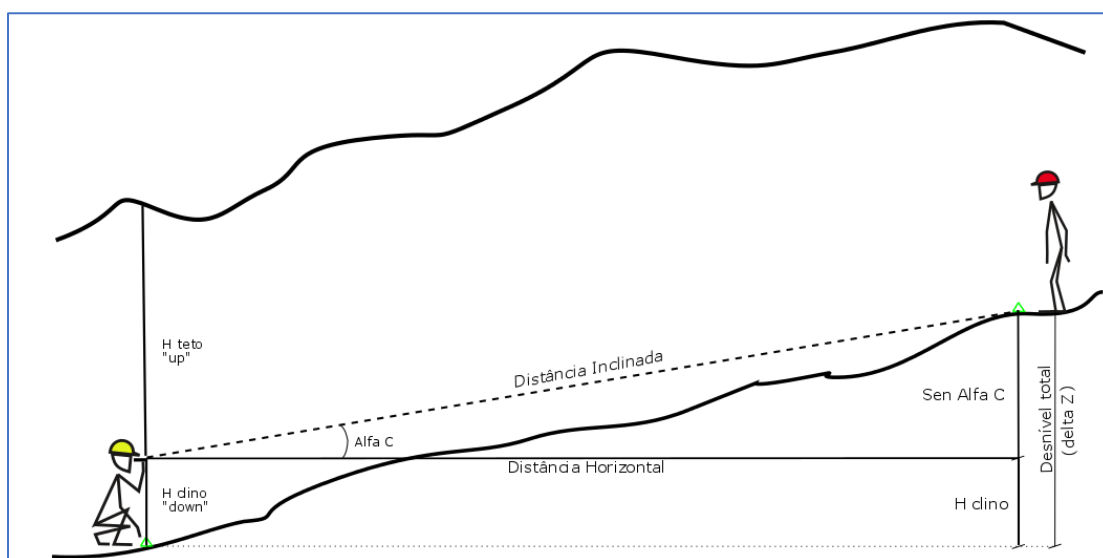
Fui procurar onde estava a opção do THERION considerar a altura do clinômetro (“down”) no cálculo das coordenadas da estação e não havia essa possibilidade. Nada no COMPASS também. Onde estaria o problema?

Há duas maneiras principais de se fazerem visadas no mapeamento de uma gruta (na realidade uma é uma simplificação da outra). Uma é fazendo que as alturas medidas na estação base e na estação visada sejam iguais, geralmente um espeleólogo visando outro. Ou seja, observador e observado tem que estar a uma distância vertical igual sobre a projeção vertical da estação no chão.





Visada de um espeleólogo ao outro. Notem que a “estação topográfica” é considerado como um ponto suspenso no ar (triângulo verde)



Visada de um espeleólogo a um ponto fixo, geralmente o chão. Notem que as estações (triângulos verdes) sempre estão no chão.

Quando fui programar o TOPGRU lá em meados dos anos 1980, devido à já existente tradição de mapeamento de precisão e detalhe da SEE, preferi seguir os conceitos da topografia tradicional por teodolito onde as coordenadas das estações sempre são referenciadas ao chão. Essa opção vem da possibilidade de se trabalhar com alturas diferentes entre observador e observado. No caso da estação visada não situar-se no chão esse valor também era medido e incluído no cálculo do desnível real entre as estações.

Os mapeamentos chamados “de bases fixas”, ou seja, com as bases topográficas medidas nas paredes das grutas (e muitas vezes marcadas com tinta a óleo em vários países europeus) seguem a mesma lógica dos casos anteriores, não sendo em nada diferentes matematicamente na hora de analisarem-se erros e cotas.

Quando comecei minha vida de espeleólogo na SEE, já era usada a metodologia de mapeamento usando bússola de geólogo Brunton (cujo nome real é Teodolito Compacto) e visadas no chão. Como os cálculos de desnível eram feitos à mão praticamente no mundo inteiro, não fazia muita diferença, era apenas uma subtração a mais a fazer, que se fazia até mesmo de cabeça.

Especialmente na tradição europeia (em boa parte também na americana), convencionou-se que a visada deveria ser medida na mesma altura na base e na visada. Na tradição da SEE, ao menos desde o início dos anos 1980, no entanto, a visada sempre foi realizada preferencialmente no chão e, caso não o fosse, era anotada e computada nos cálculos de desnível. Isso permitia que enquanto o operador de instrumentos media azimuth e inclinação na lanterna (ou vela) deixada no chão, o “ponta-de-trena” já estivesse fazendo as leituras de visada (de “ré”), explorando a gruta nas imediações e já escolhendo o melhor local para a próxima estação. Ganho de tempo e de precisão. Mas isso faz muita diferença?

Na minha experiência, especialmente em condutos de maior declive ou em entradas apertadas a partir de condutos altos é praticamente impossível de manter-se o posicionamento da altura do alvo visado e o posicionamento das bases com a precisão desejada. Essas diferenças podem situar-se na casa de alguns decímetros por estação. Especialmente quando a bússola é mantida sobre tripé, como no caso de mapeamentos de precisão usando a bússola de geólogo Brunton, há a necessidade de levar-se outro tripé onde possa ajustar-se a altura do alvo exatamente àquela da altura de leitura do clinômetro. Em tempos de DistoX, mapeamento fotográfico e levantamentos a laser LIDAR isso pode parecer um pouco anacrônico, mas, especialmente em grutas grandes de desenvolvimento acidentado, pode acabar tornando-se uma diferença significativa.

Não desejo entrar aqui em matemáticas sobre erros topográficos, mas a precisão de uma linha base de mapeamento pode ser encontrada e resumida na precisão do fechamento de poligonais em campo. Ou seja, um mapeamento que tenha uma precisão de 1% significará um erro total (nas três dimensões) de 1 metro a cada 100 metros de soma das distâncias das visadas. Alguns topógrafos mais conscientes separam o erro planimétrico e o altimétrico. Quando analisamos esses números no caso de levantamentos feitos na mesma altura entre estações base e visada, geralmente o erro altimétrico é bem superior ao planimétrico, possivelmente em parte devido a essa imprecisão na manutenção da mesma altura de medição. Mas quando essa precisão maior é necessária?

A topografia subterrânea é uma mistura de matemáticas (trigonometria, especificamente) com arte. A parte matemática refere-se a esse conjunto de dados medidos com equipamentos (bússola, clinômetro e trena quase sempre) e ao processamento desses dados. A parte artística refere-se à interpretação visual no desenho do croquista de onde estão as paredes, chão e teto das grutas e os outros pontos notáveis que entram no mapa (espeleotemas, sedimentos, contornos de chão e teto e assim por diante). A parte matemática pode ser aferida pelo erro de fechamento de poligonais (entre outros métodos) enquanto a parte artística é essencialmente interpretativa, dependendo muito dos olhos e experiência de quem está desenhando.

Lembro-me quando ensinávamos mapeamento a grupos de novatos, todos os croquis (desenhos de planta baixa, cortes transversais e perfis longitudinais) eram parecidos, mas diferentes. E todos eles certos e errados. Na realidade, não há “certo” e quase não há “errado” na parte artística e há uma relação bem grande com aquilo que quem está desenhando procura ressaltar melhor. Especialmente em condutos acidentados, de seção e perfis irregulares e inclinados era comum ver em condutos de aproximadamente 10 metros de largura, diferenças de até dois metros na largura entre paredes desenhadas entre uma planta baixa e outra. Ambas certas. O que amarra esse conjunto de desenhos é exatamente a parte matemática.

Desse modo importa muito o desenvolvimento (soma das distâncias entre estações da linha-base de uma topografia) da gruta. Para uma grutinha de 20 metros, tanto faz fazer a topografia com um teodolito ou com a bússola comprada no camelô da esquina: ambas vão dar erros inferiores à precisão artística do desenho. Para uma gruta de 1 km, numerosas no Brasil, uma diferença de topografia com precisão de Grau UIS 6 (1% de erro) e outra de Grau 4 (5%) pode levar o erro de 10 m para 50m. E isso importa?

A necessidade de precisão de uma topografia subterrânea depende muito da finalidade do mapeamento. Para mover-se na gruta, ver como é seu interior, fazer planejamentos de acesso, importam muito mais o grau de detalhamento da topografia do que a sua precisão. Mas se você tem outros objetivos, a possível resposta pode depender intrinsecamente dessa precisão. Sou hidrogeólogo e muitas das respostas que almejo ter em um mapeamento subterrâneo referem-se ao nível de água. Outros problemas que tive profissionalmente já foram respondidos, ou não, por questões de precisão de topografia. Dou uns exemplos.

- Essa nascente está relacionada com aquele sumidouro daquela gruta? (não estava, pois a nascente estava acima do sumidouro)
- Qual o gradiente hidráulico desse sistema cárstico? (importante para verificar se rebaixamentos de nível de água causados por poços ou galerias vão afetar ou não o sistema hídrico da gruta).
- A Gruta A pode estar conectada com a Gruta B? Em caso positivo, em qual lugar buscar conexões ou claraboias? (numerosas vezes me deparei com essas perguntas)
- Este lago está na mesma cota daquele dentro da gruta? Vale a pena tentar mergulhar para fazer essa conexão? (não valia a pena)
- O traçado da estrada X vai passar sobre a Gruta C? Em caso positivo, qual é a espessura de rocha que existe entre o teto da gruta e a superfície? (o traçado da estrada foi alterado).

Consigo pensar em mais um monte de casos, mas para não ficar mais cansativo do que já está este texto, paro por aqui. Mas e a solução para esse problema de diferença metodológica?

## A Solução...

Desde o começo dos anos 1980 a SEE vem mapeando grutas em todo o Brasil pelo método de usar bússola Brunton sobre tripé com visada na estação sobre o chão, ou anotada qual é a altura da visada. Por um tempo também usou bússola e clinômetro Suunto, de 1996 até algum momento em que a bússola deixou de funcionar a contento. A grande maioria desses dados, brutos e tratados, certamente seguem na sua tradicional sede na Escola de Minas de Ouro Preto, além dos próprios mapas das grutas.



Bússola e clinômetro Suunto e GPS Magellan que doe para a SEE em meados dos anos 1990. À direita, bússola de geólogo Brunton, o teodolito portátil, companheira de tantos mapeamentos.

Muitas vezes descobertas de novas grutas que possam ter conexão a uma gruta já mapeada, de novas galerias, de uma nova entrada (um novo ponto de GPS permite a correção das poligonais em grutas grandes) ou mesmo a comprovação de ocasionais equívocos na topografia anterior, podem fazer necessária adição ou revisão de mapas já prontos. Esse é um processo muito trabalhoso e extremamente chato, no sistema tradicional de vetorização dos mapas e perfis em CAD ou qualquer outro programa em que a gruta tenha sido desenhada.

Uma das razões que me levou a estudar o THERION nesta quarentena do COVID 19, foi a notícia que os meninos da SEE (como carinhosamente chamo os atuais membros) haviam descoberto uma gruta a jusante (águas abaixo) da Gruta das Casas, em Ibitipoca, MG, que eu vinha prevendo e procurando já havia algum tempo. Essa gruta em quartzito tem dimensões bastante grandes e um rio subterrâneo ativo, que surge e some em blocos abatidos, aparentemente impenetráveis. Na qualidade de hidrogeólogo sempre desconfiei que haveria uma possibilidade de conexão, especialmente porque há um forte vento entre os blocos do abatimento de jusante. Como fazer para usar os dados existentes do mapeamento dessa gruta, no caso da nova exploração conseguir achar uma passagem entre as duas grutas?

Tive que voltar ao meu velho e bom amigo TOPGRU para encontrar uma solução consistente para essa gruta e para qualquer outra em situação similar: programei uma saída para THERION que fazia a conversão. E mais.

O Therion está bem atualizado com a utilização dos equipamentos Disto X, comuns na Europa, mas que há bem poucos no Brasil, pois a Trena Laser é suíça, embora se encontre em todo o mundo, inclusive no Brasil. a placa é produzida na República Tcheca, e as baterias nos Estados Unidos ou na China. O usuário ainda tem que ter dotes eletrônicos para soldar tudo junto e adaptar o sistema. Como no Brasil, importar qualquer coisa é bem difícil, seguimos fazendo como sempre fizemos por aqui.

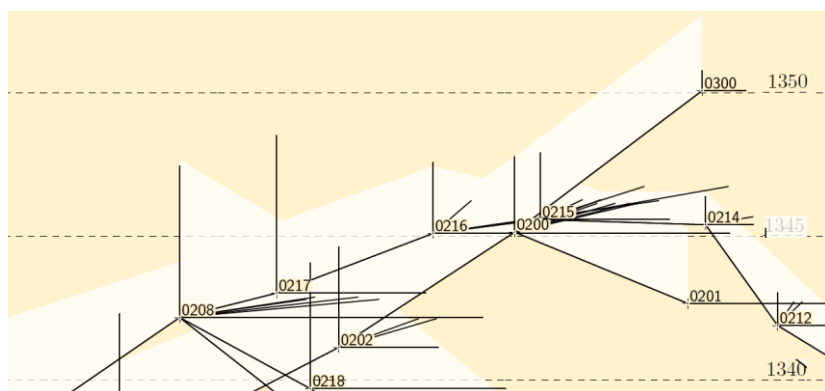
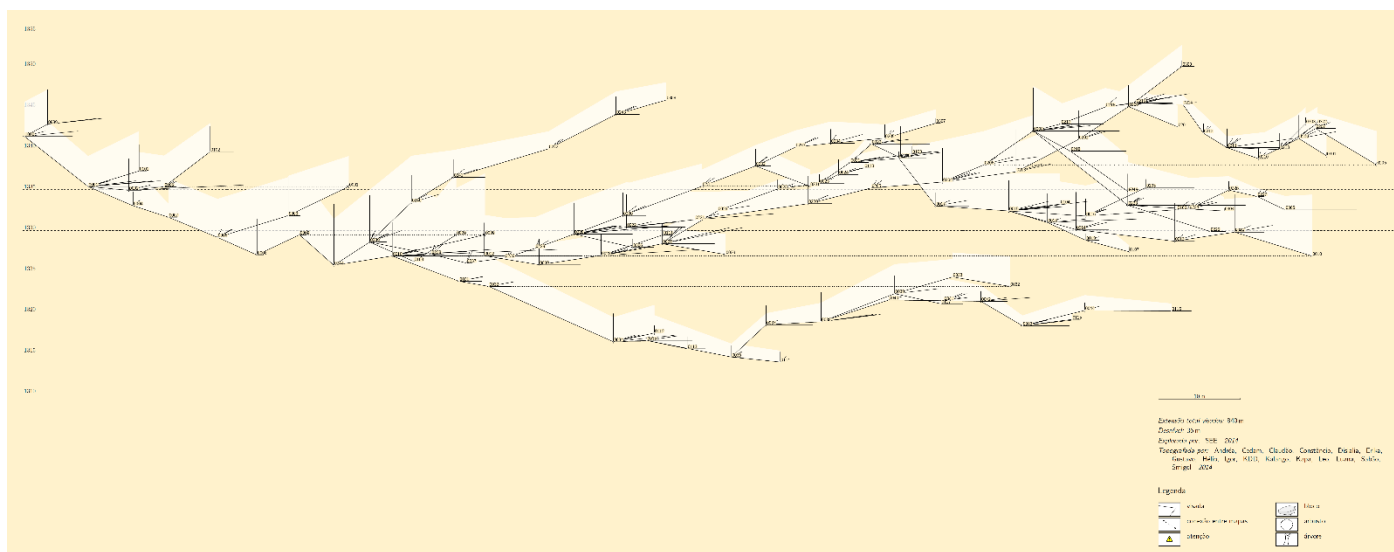
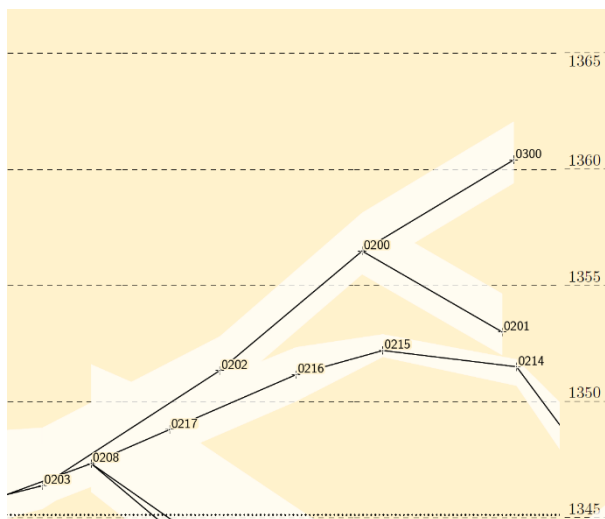
A hand-drawn site plan of the Casa dos Ribas. The plan shows several rooms: Cozinha (Kitchen) at the top left, Banheiro (Bathroom) at the bottom center, and a central area labeled Sala (Living Room). To the right is a large area labeled Ribas, which appears to be a terrace or garden. A small rectangular area at the top center is labeled Tanque (Tank). A small rectangular area at the bottom right is labeled Domares. A small rectangular area at the top right is labeled Bob. A small rectangular area at the bottom left is labeled Entrada (Entrance). Red lines radiate from several points in the plan, indicating sightlines or lines of vision. A north arrow is located in the bottom right corner. A scale bar at the bottom indicates a total extension of 17m and a level difference of 1m.

O THERION, na realidade, só usa as leituras para elaborar seus modelos 3D. Assim que programei a redução das coordenadas das estações para o chão, e a cada linha de visada calculei radiações, em vez das leituras. Isso deu a possibilidade de também usar as leituras da estação visada (leituras de ré, popularmente), coisa que os principais programas não permitem. Usar leituras de ré permite um detalhamento da forma das galerias bastante maior, especialmente quando a estação está em uma curva de uma galeria. Não encontrei nenhuma opção no THERION nem nenhum outro programa que fizesse essa conversão, assim que a fiz.

Vejam os resultados:

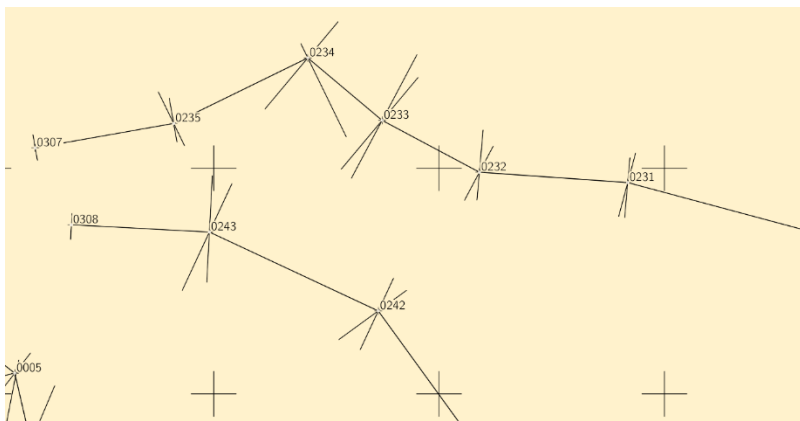
Perfil Retificado da Gruta das Casas, antes do processamento dos dados pelo TOPGRU. Notem que o desnível total é de 50 metros, um valor incorreto. As alturas do teto são estimadas pelo modelo calculado pelo Therion a partir dos dados de LRUD:



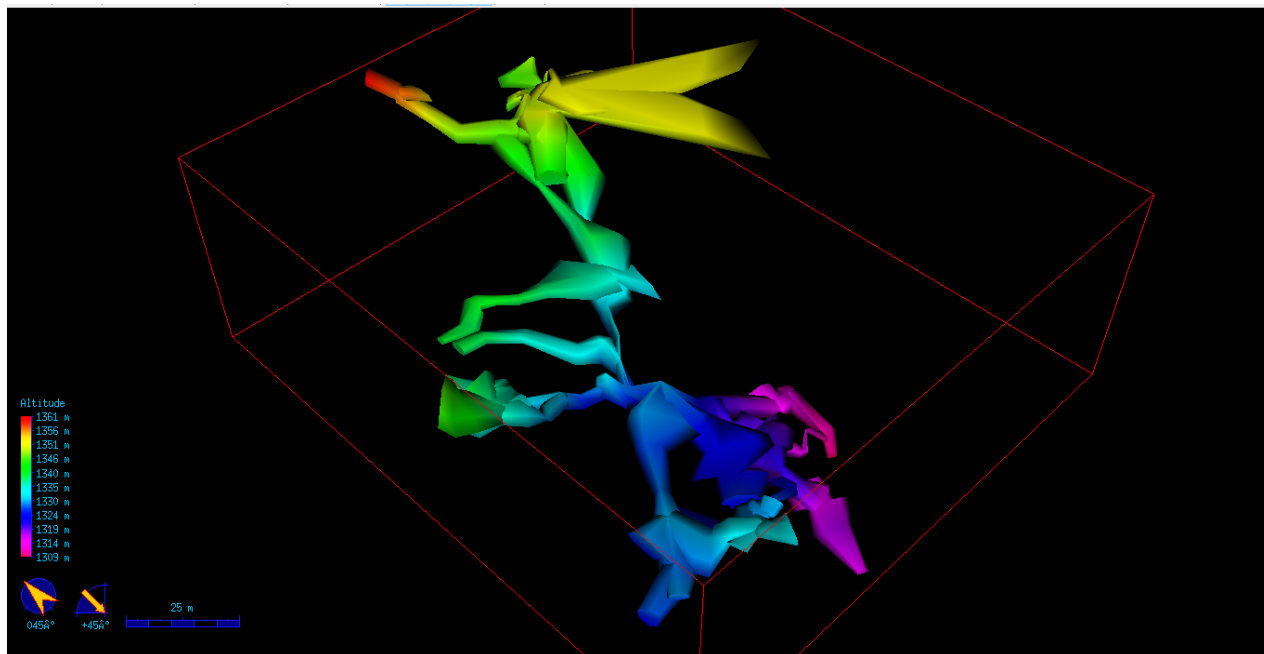


Detalhe do perfil da Gruta das Casas, após a correção e a inserção das radiações. Notem as cotas e o posicionamento das estações 215 sobre a 200.

Manter a visualização das radiações enquanto se desenha o contorno da gruta é importante, pois permite uma melhor adequação dos contornos das paredes.

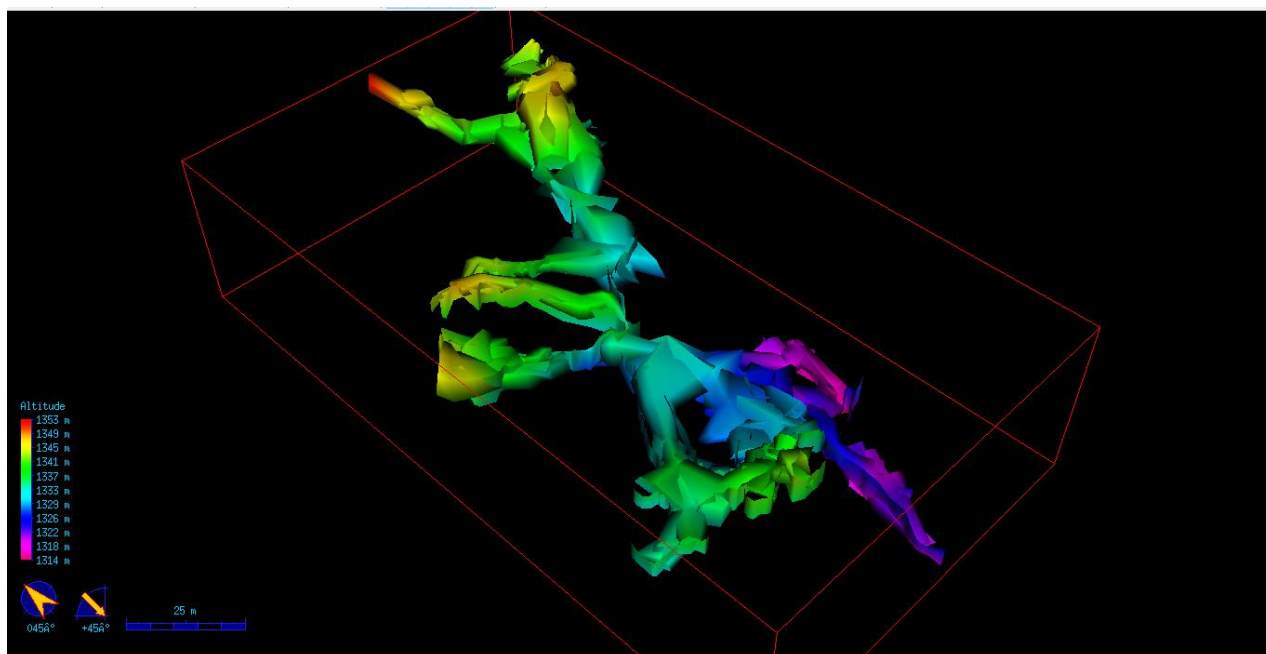


Detalhe da planta baixa de setor da Gruta das Casas com as linhas de visadas do THERION e as leituras de vante e ré como radiações, facilitando o desenho dos contornos das galerias

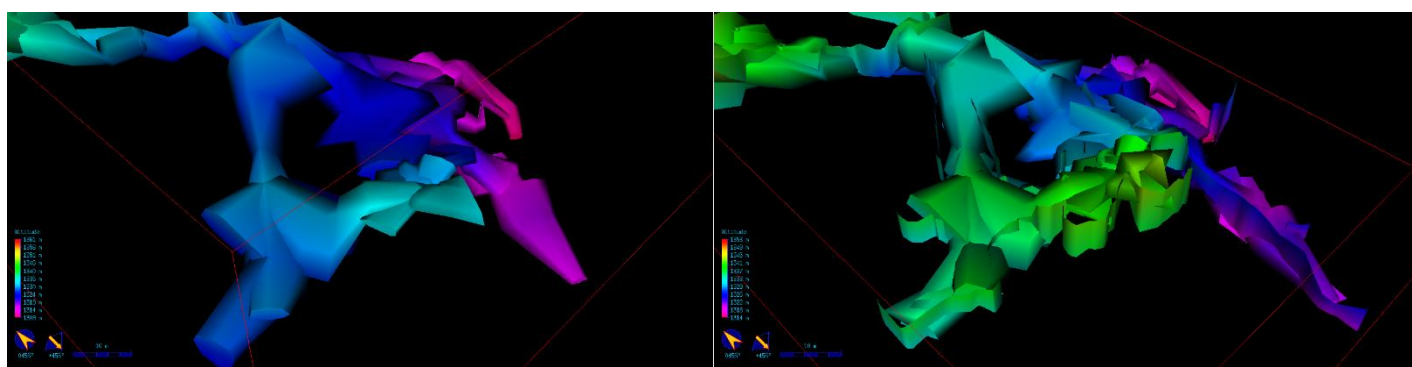


Vista isométrica desde SE da Gruta das Casas, antes da correção e da inserção de radiações pelo TOPGRU.

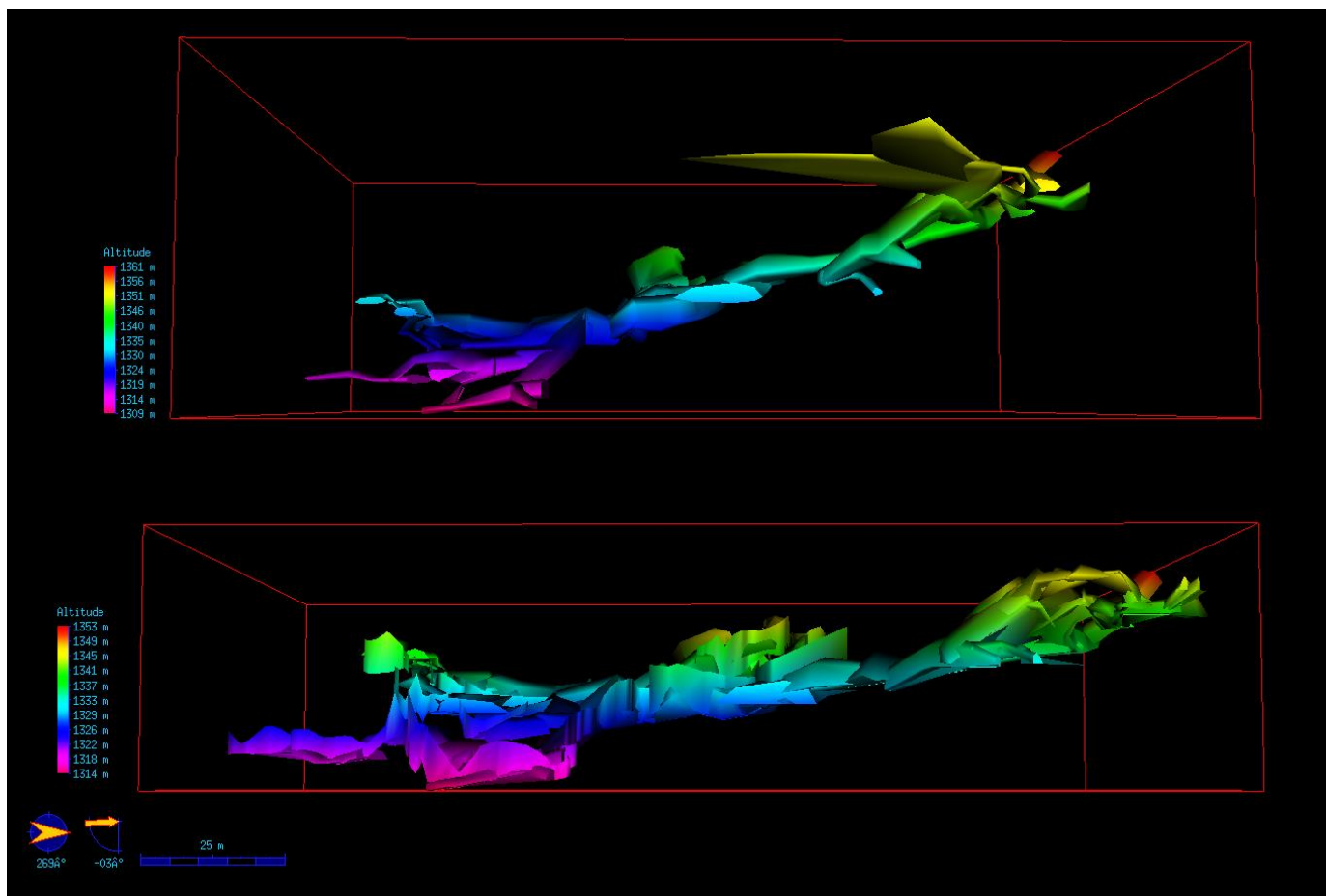
Os modelos tridimensionais das grutas são gerados pelo THERION e apresentadas pelo programa LOCH, que vem junto com o pacote de download. Por questões de programação interna, estes modelos utilizam dados de radiações, o que resulta em um detalhamento muito maior das superfícies, do que aquele somente com leituras.



Vista isométrica desde SE da Gruta das Casas, após a correção e a inserção de radiações pelo TOPGRU



Detalhe da vista isométrica desde SE da Gruta das Casas, antes (esquerda) após (direita) a correção e a inserção de radiações pelo TOPGRU



Perfil projetado desde E da Gruta das Casas, antes (Acima) após (Abaixo) a correção e a inserção de radiações pelo TOPGRU

Em Planta Baixa, as diferenças no desenho são bastante pequenas, pois os diferentes métodos de topografia quase não alteram as distâncias horizontais. De fato, as distâncias encontradas são causadas pela mudança nas coordenadas efetuadas pelas sub-rotinas de correção de poligonais. Os erros de fechamento foram reduzidos à quase metade do anteriormente encontrado antes da correção dos dados pelo TOPGRU.

## Reminiscências

A decisão de tornar público meu velho TOPGRU é que percebi que ainda pode ser útil ao uso geral, ao menos em alguns casos. Sempre disponibilizei a quem me pediu, mas nos últimos anos não fazia o menor sentido usá-lo. Muitas vezes nem eu mesmo o utilizei, já que outros programas são mais completos em muitos aspectos. Essa decisão coincide também com esse período de pandemia e quarentena do COVID-19. Eu jamais teria tempo para fazer as adequações mínimas necessárias ao uso geral do programa. Assim, de uma maneira meio retorcida, pode dizer-se que a publicização do TOPGRU é um filho do coronavírus. Não há mal que para bem não venha...

Sobre o futuro, se algum dia der vontade, talvez eu coloque outros formatos de entrada, talvez a possibilidade de usar-se nomes e não números para as estações (ugh!- já fiz enquanto escrevia este texto) ou talvez nada disso. Ou talvez alguém resolva colocar outra coisa. O código do programa é aberto. O futuro o dirá...

Alguns leitores mais atentos, perceberão que usei a palavra “gruta” ao longo de todo o texto. É sinônimo de caverna, toca, lapa, gruna, furna... A única denominação oficial legalmente reconhecida seria “cavidade natural subterrânea”. Imagina um texto com esses dizeres toda vez? Um desastre estético e linguístico. Gruta para mim está associada à espeleologia, especialmente nos meus inícios dela. É um nome carinhoso e usado nas Minas Gerais onde fui infectado pelo espeleovirus. Não é à toa que esse programa é chamado de TOPografia de GRUtas.

Lembro a todas pessoas, espeleólogos ou não, que para proteger-se tem que conhecer-se. Só se pode proteger efetivamente o que se conhece. E a topografia é a primeira e a melhor maneira de se conhecer uma gruta.

Tive ajuda de muita gente ao longo desses anos para que o TOPGRU fosse elaborado. Mesmo sob o risco de não incluir pessoas importantes (35 anos é muito tempo), não posso deixar de citar o Armando Zaupa, o Moacir Cornetti, o Marcílio (analista de sistemas do Laboratório, não me lembro o sobrenome), o saudoso Wilson



“Tonelada” Brunetto”, o Leonel Barros Neto, o Luiz “Lulu” Amore e o Hélio “Jacu” Lazarim nos anos 1980. E mais recentemente, o Syro “Pokapilha” Lacerda, o Bruno “Cedam” Aguiar, o Celso Constâncio , o Pedro “Smigol” Asunção, o Paulo “Tinganei” Lima, o Guilherme Ribas e o José Mota Neto, atual presidente da SEE. Sem essas ajudas, o caminho seria muito mais tortuoso, ou mesmo impossível, para tornar as coisas mais fáceis...

Esse programa começou a ser feito quando eu era membro ativo da Sociedade Excursionista e Espeleológica dos Alunos da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, a SEE, ou Spé, nome carinhoso para todos nós desde o começo de suas atividades em 1937. Em outras palavras: foi feito pela Spé e para a Spé e ainda hoje sou membro ex-aluno. Assim nada mais justo que a Spé tenha o TOPGRU e faça com ele o que bem entender. Mas eu realmente gostaria que ficasse acessível a todos e que seu código permaneça aberto, mesmo se houver modificações. Mas não é meu para decidir. Mas sei que posso contar com os “meninos” de agora e com os “meninos” do futuro para sempre melhorar.

Viva a Spé!!

Marcelo Taylor de Lima, junho de 2020.

Sociedade Excursionista e Espeleológica

Desde 1937 estudando grutas.

Mantendo a “head-lamp” acesa.