

Geologia Preliminar das Grutas: Toca da Boa Vista e Toca da Barriguda, Campo Formoso – Bahia – Brasil

Cláudio Maurício TEIXEIRA da SILVA; Milton PEREIRA FILHO; Luciana Vetel CRUZ & Marcus Vinícius C. O. LOPES

SEE/DEGEO/UFOP – Campus Universitário, Morro do Cruzeiro, s/n. 35400-000, Ouro Preto, MG, Brasil.

Abstract

The caves are developed at dolomite rocks of Una Group that was affected by two metamorphic events of Brazilian Cycle.

The method consisted of description and measures of observation points of planar and linear features like bedding, fractures and fold axis.

The results allow defining 3 lithofacies, with 3 characteristic subfacies, and defining a structural control to the development of the caves. Most part of conduits is controlled by vertical fractures and sometimes by folds axis. The fractures are parallel to the fold axis and have NNW-SSE and ENE-WSW directions. Evidence of re-fold is observed by existence of folded axis and dome and basin features. A zone of reverse fold were well defined, at the north part of TBV, by the occurrence of drags folds, tension gashes and fractured contacts of different lithofacies. This fault occurrence lead to the supposition that these caves are laterally controlled by inverses systems of faults.

Resumo

A proposta desse trabalho é apresentar os resultados dos estudos geológicos realizados nas principais cavidades da região de Lajes dos Negros, município de Campo Formoso/BA, realizado pela equipe da SEE, em janeiro de 1998.

A metodologia das atividades consistiu na execução do levantamento de dados geológicos estruturais e estratigráficos (litofaciológicos), com coleta de amostras para estudos petrográficos de laboratório, elaboração de croquis e cortes geoespeleológicos e tomada de fotografias ilustrativas das estruturas e litofácies observadas.

Os resultados obtidos permitiram melhorar o entendimento da gênese das cavidades estudadas e, também, o desenvolvimento de alvos ou metas para estudos posteriores.

Introdução

A área estudada encontra-se situada ao norte do estado da Bahia (Figura 1) e corresponde também ao norte do cráton São Francisco, assim denominado por ALMEIDA (1977).

2. Geologia Regional

2.1. Geomorfologia

O Distrito Lage dos Negros situa-se a NW da cidade de Campo Formoso (Figura 1) nos domínios da unidade geomorfológica dos planaltos cársticos da Chapada Diamantina, que se constitui de um conjunto de formas aplainadas e feições estruturais observadas nas rochas carbonáticas da Formação Salitre do Grupo Una (BARBOSA et. al. 1996).

Essa região, por possuir índice de precipitação pluviométrica anual oscilando entre 1792-759 mm/ano e cursos d'água incipientes, possui uma geomorfologia cárstica peculiar, onde predomina o carste encoberto denotados por pequenos dolinamentos com afloramentos lapiezados.

2.2 Hidrologia

A região encontra-se situada na bacia hidrográfica do rio Salitre, afluente do rio São Francisco. Essa bacia engloba as localidades de Campo Formoso, Brejão da Caatinga, Lage dos Negros e Vargem Grande. O seu curso, de direção SW-NE, é predominantemente intermitente com locais de percurso perene, principalmente, na sua extremidade NE. Vários afluentes do rio Salitre, que nascem no lado oeste das serras de Casa Nova e São Francisco, entre eles o riacho Salobro, unem-se ao rio Lage antes dele passar por Lage dos Negros. Já a leste da serra de São Francisco mais alguns riachos também alimentam o rio Lage aumentando um pouco mais sua vazão. A 12 km para leste o rio Lage muda de direção e passa a percorrer a direção SW-NE. Após 15 km, nessa direção, ele passa a se chamar rio Pacuí. O rio Pacuí, perene, possui uma média de 1,5 m de largura por 0,6 m de profundidade e uma vazão aproximada de 240 litros por segundo (BRUNETTO et. al. 1987). Esse rio é afluente do rio Salitre.

2.3. Estratigrafia

Na Região da Chapada Diamantina, o Supergrupo São Francisco (Proterozóico Superior) apresenta suas maiores áreas de ocorrência nas bacias de Irecê e Utinga, e é representado pelo Grupo Una que compreende duas formações: Formação Bebedouro (basal) e Formação Salitre (Figura 1).

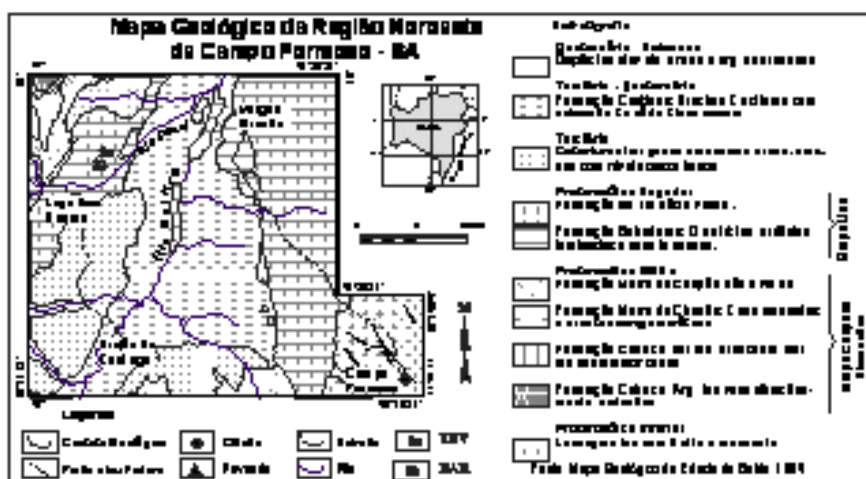


Figura 1 – Mapa geológico da região noroeste do Campo Formoso (BA) onde se encontram as grutas Toca da Boa Vista e Barriguda.

A divisão do Grupo Una, abaixo descrita do topo para a base, foi feita por DOMINGUEZ (1996): **Formação Salitre:** Unidade Jussara: Compreende calcarenitos finos a grossos, calcissiltitos e calcilitos de coloração cinza-escuro a preta. Esta unidade foi depositada sob a ação de ondas e correntes, sujeito à ação de tempestades. Unidade Gabriel: Compreende intercalações de calcissiltitos, calcilitos e calcarenitos finos de colorações rosa, creme e cinza. Provavelmente esta unidade foi depositada em zona litorânea (*shoreface*) sob a ação de ondas. Unidade Nova América: Compreende calcilitos cinza-escuro de acamamento paralelo com espessura centimétrica. Estruturas arqueadas do tipo *tepee* e camadas brechadas com intraclastos tabulares são freqüentes. Esses calcilitos ocorrem intimamente associados a calcarenitos finos a grossos. Esta unidade é o resultado da deposição em ambiente de perimares protegidos, tais como lagunas e planícies de maré, freqüentemente expostos a condições subaéreas. Unidade Irecê: Compreende camadas de calcilitos e calcarenitos finos a médios, de coloração cinza-escuro a negra, de espessura centimétrica, intercaladas com margas e siltitos. Esta unidade é o resultado da deposição em ambiente plataformal, com as camadas de calcarenitos representando deposição durante períodos de tempestade e as intercalações de margas e siltitos como resultado da deposição a partir de suspensão sob condições menos energéticas. **Formação Bebedouro:** Demarca o limite entre os supergrupos Espinhaço e São Francisco na Chapada Diamantina. Compreende diamictitos, ardósias laminadas com seixos pingados, arenitos grossos argilosos, localmente conglomerados com estratificação cruzada, e arenitos finos com laminações plano-paralelas. Esses sedimentos são interpretados como de origem glaciogênica.

2.4. Estrutural

O estado da Bahia pode ser separado em compartimentos geotectônicos, sendo que o local trabalhado (Rio Pacuí) pode ser considerado como pertencente aos domínios intracratônicos da Chapada Diamantina (CD, 18) e bacias de Irecê e Utinga (BIU, 19) sendo que os metassedimentos da Chapada Diamantina estão estruturados em formas de planaltos, suavemente dobrados em sinclínios e anticlínios. Nos sinclínios encontram-se preservadas as seqüências carbonáticas do Proterozóico Superior constituindo as “bacias” de Irecê e Utinga (BARBOSA et al. 1996).

Segundo ROCHA (1996) os calcários do Supergrupo São Francisco, devido à sua plasticidade e resistência ao intemperismo, ocupam as regiões mais baixas, estruturadas por sinclinais em perfeita concordância com os sedimentos mais antigos do Supergrupo Espinhaço (sinclinal Irecê, Rio Salitre, Amauí e Utinga). Estes grandes sinclinais e os anticlinais correspondentes podem representar o episódio D₁ mais antigo e abrangente que atingiu a cobertura Proterozóica sugerindo que a compressão principal (*stress*) foi originada no sentido E-W. Neste domínio (norte da Chapada Diamantina) é comum a superposição de dobras de eixos perpendiculares com interferência, aproximando-se de figuras do tipo domos e bacias e cisalhamentos intraestratais com deslocamentos de N para S. Nesta região, como em toda a Chapada Diamantina, é também comum a presença do cisalhamento transcorrente (dúcteis e rúpteis) com direções em torno de NNW (dextral) e NNE (sinistral), formando ângulos de 30° e 40° entre si. Estas estruturas transversais superpõem as estruturas longitudinais anteriores e podem ser consideradas como o segundo episódio D₂ da deformação que atingiu a cobertura. A disposição das estruturas, dos estratos, além dos deslocamentos indicados nos planos tectônicos sugerem que a compressão principal ocorreu aproximadamente no sentido N-S (*stress*).

3. Geologia das Grutas: Toca da Boa Vista (TBV) e Toca da Barriguda (BAR)

Esse estudo foi feito com base nos dados obtidos no campo (Figura 3), no estudo petrográfico das amostras coletadas e no tratamento estatístico dos elementos estruturais planares e lineares. Dessa forma foi possível realizar a caracterização litofasciológica e estrutural dessas cavidades.

Pontos descritos: TBV = 45, BAR = 20 (total = 65). Caminhamentos (em projeção linear horizontal): TBV = 6,15km, BAR = 3,62km. Fraturas medidas: TBV = 149, BAR = 43 (total = 192). Eixos de dobras: TBV = 33, BAR = 05 (total = 38).

3.1. Litofasciologia/Estratigrafia

Litofácies CSC: a litofácies calcário (C) - silixito (S) - calcário (C) caracteriza-se pelas intercalações de camadas decimétricas (máx. 0,8 m) de calcário cristalino com camadas centimétricas (máx. 0,2 m) de silixito. Os calcários apresentam cor rosa-acinzentado, textura microcristalina, estratificações e ondulações plano-paralelas, partições de aspecto “plaqueados”, e silicificações sendo portanto duros e compactos. Os silixitos são criptocristalinos, de cor cinza-rosada, compactos e muito duros (não riscam). Os níveis silixíticos quando alterados tornam-se porosos e apresentam estruturas concêntricas, sendo as últimas devido à alteração diferencial dos diversos níveis que o compõem. Esta litofácies CSC está relacionada ao “nível superior” das grutas, definido por AULER & MOURA (1990). Ela ocorre, tipicamente, nas entradas da Toca da Boa Vista (TBV) e Barriguda (BAR). Os contatos superiores e inferiores, dessa litofácies, com as litofácies vizinhas (SCS e CCH), são tipicamente transicionais.

Litofácies SCS: a litofácies silixito - calcário - silixito, que ocorre no ponto BAR-10 (estação topográfica B-79), mostra um predomínio das camadas de silixitos sobre as de calcários. Possui também nódulos lenticulares ligados e isolados de silixitos que, internamente, possuem estruturas concêntricas. A origem desses silixitos está ligada a fluxos residuais de soluções silicosas que percolaram o calcário durante a sua diagênese.

Litofácies CCH: a litofácies calcário cristalino homogêneo apresenta colorações em tons róseos: cinza rosado, rosa acinzentado, rosa claro a rosa médio. Sua textura é predominantemente cristalina média, podendo chegar a cristalina grossa. Apresenta-se, normalmente, homogêneo (CCH), compacto, sem estruturas e pode ser calcítico ou dolomítico. Às vezes, torna-se mais duro e silicoso caracterizando a litofácies calcário cristalino silicoso (CCS). Pode, também, apresentar-se muito fraturado, caracterizando a litofácies calcário cristalino homogêneo fraturado (CCHF) e, localmente, com estratificações cruzadas acanaladas de médio porte (litofácies CEX) e *hummockies*, que são estratificações cruzadas por ondulações

de ondas originadas por tempestades. Comumente essas litofácies exibem estruturas estilolíticas. Essa litofácies posiciona-se inferiormente à litofácies CSC, com contato transicional (nível intermediário de AULER & MOURA 1990). O nível inferior das grutas TBV e BAR acha-se totalmente controlado por essa litofácies. Há um predomínio do processo de dissolução da rocha durante sua abertura, por isso os condutos encontrados nessa litofácies caracterizam-se por serem caoticamente labirínticos e arredondados, com marmitas, *pockets* e, também, feições de dissoluções residuais, como pilares e pendentes. O lapiezamento vertical e inclinado é muito comum na rocha fraturada (litofácies CCHF). Os locais de ocorrências típicas das litofácies descritas são: **CCH** = TBV, pontos G-04 (salão Telécio), G-08 a G-10 e BAR, pontos G-04 e G-18. **CCHF** = TBV, pontos G-11, G-22 e G-45. **CEX** = TBV, pontos G-12, G-13, G-14. BAR, pontos G-13 (*hummockies*), G-17 e G-19. **CCS** = BAR, pontos G-12 e G-16. O contato CSC (superior)/CCH (inferior) ocorre em grande parte do Novo Mundo e Boa Vista Clássica (TBV). Especificamente, ele pode ser observado nos pontos da TBV G-07, G-17 (Abismo do Sapo), G-20, G-23, G-30 (Conduto Oásis) e G-42.

3.2. Estrutural

Acamamento

O acamamento, das diversas litofácies, encontra-se essencialmente horizontalizado, localmente, no entanto, apresenta mergulhos das camadas devidos aos dobramentos superimpostos e nas proximidades de falhamentos. O diagrama de pólos (figura 2A) apresenta uma distribuição estatística em forma de “borboleta”, onde as asas dessa indicam as maiores concentrações de medidas, com máximos de 23,5%, nas posições 350/10 e 160/10. Essas concentrações indicam, então, mergulhos baixos do S_0 que ora cai para SSE e ora para NNW. A inclinação real do caimento do mergulho varia de 0^0 a 22^0 . Os maiores desses valores estão associados a flancos de dobras. O acamamento pode apresentar-se ondulado (BVG 14) e em forma de suaves “domos e bacias” devidos a redobramentos (dobramentos superimpostos), como no ponto BVG 24. Eventualmente ocorrem, nas litofácies CSC e SCS, lentes e nódulos silicosos “rotacionados”, como por exemplo nos pontos BVG 26 e BVG 36.

Dobras

São comuns na litofácies CSC. As dobras observadas são cilíndricas e assimétricas, com vergências para SE e SSE. Localmente apresentam vergências para NW. Possuem dimensões que vão de centimétricas a decamétricas. São dos tipos suaves (comuns), abertas (abundantes) e apertadas (raras), segundo a classificação de DAVIS (1984). Algumas se encaixam na classificação de RAMSAY (1967), como dobras supratênuas, classe 1A, com adelgaçamento da zona apical e espessamento dos flancos (BVG 07). Localmente ocorrem dobras de fluxo do tipo convolutas (BVG 01). As dobras centimétricas são do tipo “bengala” (BVG 01) e as maiores chegam a 40 m de comprimento de onda com 6 m de amplitude, como, por exemplo, no Salão da Dobra (BVG 30). Associadas aos fraturamentos ocorrem dobras de “acomodação” (BVG 27) e nas proximidades dos falhamentos ocorrem dobras parasíticas “de arrasto” (BVG 15). Os eixos desses dobramentos possuem mergulhos generalizados devidos aos dobramentos superimpostos. Essa superposição de dobramentos imprime um padrão de suaves “domos e bacias” no acamamento. Esse caso é bem visível no teto do salão do ponto BVG 24 (estação MK 09). Alguns tetos de condutos são controlados por esses eixos dos dobramentos, como, por exemplo, nos pontos BVG 23 e 34. O estereograma polar (figura 2B) desses eixos mostra uma concentração maior de medidas com caimento para NE. Observa-se, também, nesse digrama uma leve tendência desses valores alinharem-se em dois conjuntos que possuem direções NE-SW e NNW-SSE. Algumas ocorrências típicas dos dobramentos podem ser relacionadas: a) bengalas e convolutas (BVG 01); b) dobras suaves a abertas: (BVG 02, 14, 17 29 e 30, BAR 01, 05 e 06); c) dobramentos intraestratais assimétricos com vergência (BVG 18 (NW), 25 (SE), 33 (SE), 34 (SE), 39 (SSW) e BARG 06 (Salão Saleste)); d) dobras apertadas com rotação de blocos (BVG 36).

Juntas

As juntas encontradas e medidas são essencialmente verticais e constituem, de acordo com o diagrama de rosetas (figura 2C), três conjuntos, sendo dois maiores e um menor: 1) um maior de direção NNW; 2) outro maior de direção ENE; e, 3) um menor de direção NW-SE. Os dois primeiros conjuntos podem ser correlacionados às direções dos eixos de dobramentos, sendo, portanto, paralelas às direções desses eixos. O terceiro conjuntos equívale à bissetriz do ângulo reto formado pelos conjuntos 1 e 2. Os conjuntos 1 e 2, paralelos aos eixos e planos axiais dos dobramentos, podem ser considerados como sendo uma foliação plano axial incipiente (?), como observada no ponto BVG 28, onde as juntas estão orientadas segundo direções plano-axiais. Nas cavidades, as juntas estão lapiezadas, como nos pontos BVG 04 e 14,

e outras formam pares cisalhantes conjugados, típicos, como nos pontos BVG 08, BARG 11 e 19. Alguns condutos mostram evidente controle estrutural, pelas juntas, como nos pontos BVG 27, BARG 07 e 20. No ponto BVG 12 (Salão dos Discos Voadores) ocorre uma grande fratura (150/90) associada a *tension gashes*. O ponto BVG 18 foi o que mais apresentou medida de juntas (17) e onde foi estimada uma densidade de 38 juntas por metro linear. O conduto do ponto BARG 17 está controlado por um sistema de 2 fraturas que possuem traços anastomosados no teto.

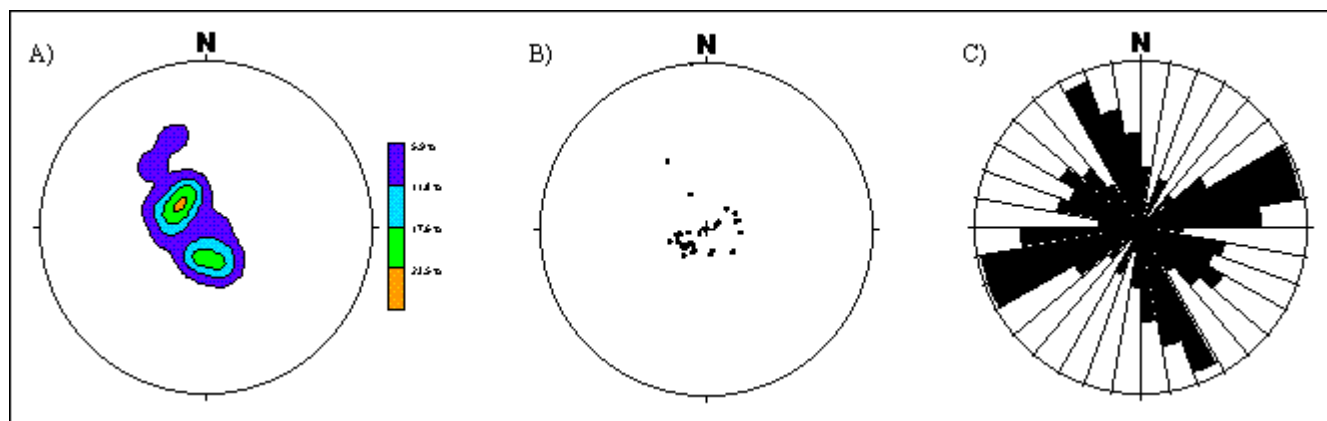
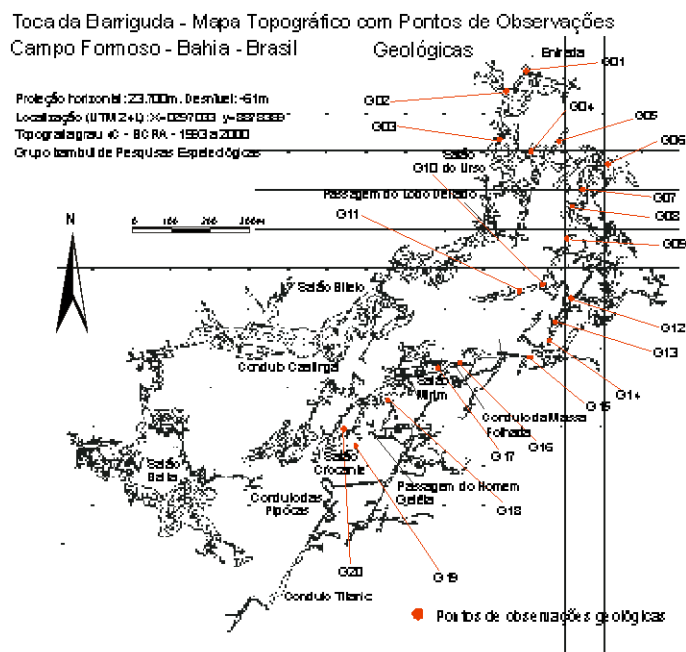


Figura 2 – Representações estereográficas das estruturas geológicas das grutas Toca da Boa Vista e Toca da Barriguda. A) acanamentos; B) eixos de dobras; e, C) juntas



Falhamentos

Evidências de falhamentos foram encontrados em diversos pontos das gutas TBV e BAR. Principalmente nas proximidades do chamado “inimigo Invisível”, o que nos leva a sugerir que o desenvolvimento lateral, dessas cavernas, está condicionado a falhamentos que as bordejam. Futuras investigações podem vir a confirmar que este “inimigo invisível” consiste de falhas, inversas, que limitam e controlam o desenvolvimento lateral dessas cavidades. As evidências mais claras de cisalhamentos foram observadas desde o ponto BVG 11 (litofácies CCHF) até o ponto BVG 15. São elas: a) intenso fraturamento (BVG 11); b) fraturas associadas a *tension gashes* (BVG 12); e, c) dobras de arrasto em contato litológico (BVG 15). A continuação desse falhamento ocorre no final do salão do Conduto Açungui (BVG 36), onde dobramentos assimétricos apertados associam-se à rotação de blocos e no ponto BVG 35 o redobramento mais intenso provocou falhamentos evidentes, também, pelo aumento significativo no conjunto de espeleotemas, nesse

local. Outra região que, futuramente, merece ser mais investigada e que, provavelmente, encontra-se próxima a zona de falhamentos é a do Salão da Dobra, onde abaixo da grande dobra ocorrem níveis de silexito redobrados em formas caóticas.

Nos argilitos do Salão da Miragem (BVG 29) foram observados espelhos de falhas com a presença de *slickensides*.

Outras feições

Lineações minerais foram observadas com direções perpendiculares a *steps* em flancos de dobras, de dimensões métricas no ponto BARG 08, denominado de Salão das Duas Dobras.

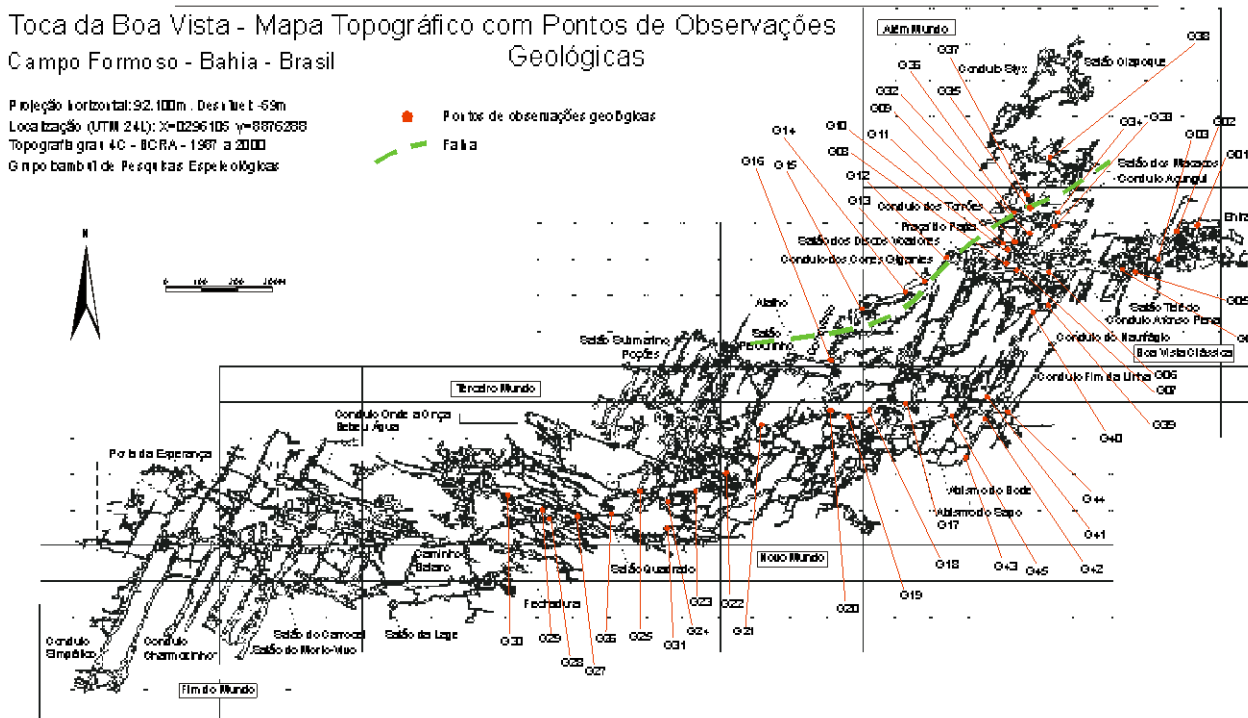


Figura 3 - Mapas topográficos da Toca da Boa Vista e Toca da Barriguda, Campo Formoso (BA) contendo os pontos onde foram realizadas observações sobre acamamento, juntas, dobras, falhamentos e outras feições geológicas, pela SEE em janeiro de 1998. Modificado de GBPE 2000.

4. Considerações Gerais

As grutas Toca da Boa Vista e Barriguda desenvolvem-se em rochas carbonáticas, cujas litofácies principais são CCH, CSC e SCS. Essas litofácies podem ser correlacionadas às unidades Gabriel e Nova América, da Formação Salitre, Grupo Una, da seguinte maneira: litofácies CCH e subfácies, Unidade Gabriel; litofácies CSC e subfácies, Unidade Nova América.

Os elementos estruturais encontrados, como os eixos de dobras redobrados e feições do tipo domos e bacias, confirmam a estruturação regional proposta para a área (ROCHA 1996), onde os episódios de deformação, em número de dois, são: deformação com *strain* E-W (D1) e deformação com *strain* N-S (D2).

Os calcários podem ser, petrograficamente, classificados, de uma maneira geral, como calcários dolomíticos cristalinos.

AULER (2000) sugere um processo de desenvolvimento hipogênico dessas cavidades (TBV e BAR) com dissoluções por soluções ricas em H₂S, em rochas não fraturadas, e propõe uma classificação do tipo SPONGEWORK. Os dados estruturais apresentados neste trabalho, que estão de acordo com os dados regionais levantados por ROCHA (1996), evidenciam uma estruturação, pré-dissolução, encontradas nas rochas hospedeiras, com predominância de juntas verticais de direções aproximadas NS e EW. Assim acredita-se que a classificação mais correta para essas cavidades seria o padrão NETWORK (PALMER 1991), que explicaria, também, o tipo de planta baixa reticulado apresentado por elas.

Evidências de falhamentos foram encontradas na porção norte da TBV, Salão dos Discos Voadores e dos Cones Gigantes, como locais intensamente fraturados, *tension gashes* e dobras de arrasto. Essas evidências parecem indicar que essas cavidades são controladas, lateralmente, por zonas de falhas inversas.

5. Referências

- ALMEIDA, F. F. M. 1977. O cráton de São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, 7(4): 349-364.
- AULER, A. & MOURA, M. T. 1990. Alguns comentários sobre a geomorfologia e espeleogênese na área da Toca da Boa Vista. *O Carste*, 1:17-19.
- AULER, A. 2000. História genética da Toca da Boa Vista: uma introdução. *O Carste*, 12(3):143-149.
- BARBOSA, J. S. F.; SABATÉ, P.; DOMINGUES, J. M. L. 1996. O Estado da Bahia na Plataforma Sul-Americana, suas subdivisões, critérios de empilhamento estratigráfico das coberturas plataformais e ciclos geotectônicos. In: Barbosa, J. S. F. & Dominguez, J. M. L (Coord.), *Geologia da Bahia. Texto Explicativo. 1ª edição*. Salvador: SICM/SGRM, 1996. cap. II, p. 39-62.
- BRUNETTO, J. W.; ZEFERINO, J.; CHINONE, R.; LA SALVIA, E. S. 1987. Estudos Preliminares sobre o Distrito Espeleológico de Campo Formoso – BA. *Revista Escola de Minas*, 40(4):23-27.
- DAVIS, H. G. 1984. *Structural Geology of Rocks and Regions*. New York, John Wiley & Sons, 492p.
- DOMINGUEZ, J. M. L. 1996. As coberturas plataformais do Proterozóico Médio e Superior. In: Barbosa, J. S. F. & Dominguez, J. M. L (Coord.), 1996, *Geologia da Bahia. Texto Explicativo. 1ª edição*. Salvador: SICM/SGRM, 1996. 1ª Parte. cap.V, p.105-125.
- GBPE, 2000. Toca da Boa Vista e Toca da Barriguda, Campo Formoso, Bahia, Brasil. *O Carste. Suplemento*, 12(3).
- PALMER, A. N. 1991. Origin and morphology of limestone caves. *Geological Society of America Bulletin*, 103:1-21.
- RAMSAY, J. G. 1967. *Folds and Fracturing Rocks*. New York, McGraw-Hill, 568p.
- ROCHA, G. M. F. 1996. Estrutural e Tectônica das coberturas do Proterozóico Médio e Superior. In: Barbosa, J. S. F. & Dominguez, J. M. L (Coord.), *Geologia da Bahia. Texto Explicativo. 1ª edição*. Salvador: SICM/SGRM, 1996. Cap. II, p. 229-239.