

ANÁLISE ESTRUTURAL E PETROGRÁFICA DA CAVERNA DO DESAFIO SITUADA EM FELIPE GUERRA, RIO GRANDE DO NORTE

STRUCTURAL AND PETROGRAPHIC ANALYSIS OF THE DESAFIO CAVE SITUATED IN FELIPE
GUERRA, RIO GRANDE DO NORTE

Kelfrank Ferreira da Silva (1), Cesar Ulisses Vieira Veríssimo (2), Jefferson Lima dos Santos (3) &
Diego de Medeiros Bento (4)

(1) Mestrando do curso de geologia da Universidade Federal do Ceará - UFC.

(2) Prof. Doutor da Universidade Federal do Ceará – UFC.

(3) Doutorando em geologia da Universidade Federal do Ceará – UFC.

(4) Instituto Chico Mendes: CECAV/RN.

Contatos: kelfrankgeologia@yahoo.com.br; verissimo@ufc.br; jeffgeologia@yahoo.com.br;
diego.bento@icmbio.gov.br

Resumo

O trabalho corresponde ao estudo estrutural e petrográfico da Caverna do Desafio localizada no Lajedo do Rosário, município de Felipe Guerra, estado do Rio Grande Norte. Geologicamente a área de estudo está inserida na Formação Jandaíra, Grupo Apodi. Trata-se de uma sequência carbonática de idade Eoturoniana-Eocampaniana caracterizada predominantemente por carbonatos marinhos de águas rasas e agitadas. A Caverna do Desafio é considerada uma caverna secundária e endógena, devido a sua origem ter ocorrido depois da formação da rocha e ter a dissolução como o principal processo de desenvolvimento. A análise estrutural foi realizada em diferentes escalas e ambiente: no lajedo como um todo, na superfície em torno da caverna e dentro da Caverna do Desafio. Na superfície foram levantados os parâmetros descritivos das fraturas (orientação espacial, continuidade, espaçamento, abertura e profundidade). No interior da caverna as descontinuidades foram medidas com bússola. Para o estudo petrográfico foram coletadas seis amostras em diferentes níveis de dissolução. O resultado da análise estrutural mostrou uma direção preferencial para ENE nas fraturas (juntas) levantadas no lajedo como um todo, para superfície em torno da caverna e para as juntas dentro da caverna. Dessa forma é correto afirmar que os fatores locais: estratigráficos, faciológicos e principalmente o controle estrutural tiveram influência na formação da caverna. A análise petrográfica mostrou pouca variação composicional para as amostras onde existem níveis de dissolução pouco pronunciados classificando-as como biopelsparita/grainstone, por outro lado a amostra coletada no nível onde está desenvolvida grande parte da caverna mostrou uma brusca variação composicional. Trata-se de um calcário alterado (micrita fossilífera/calcário cristalino) que é mais susceptível a dissolução e que deu origem a formação do nível inferior da Caverna do Desafio.

Palavras-Chave: Espeleometria; Caverna do Desafio; Controle estrutural; Petrografia.

Abstract

This work corresponds to the structural and petrographic study of Desafio Cave located in the Lajedo do Rosário, Felipe Guerra city, Rio Grande Norte state. The geology of the study area is composed by the Jandaíra Formation, (Apodi Group) a carbonate sequence of eoturoniana/eocampaniana age, predominantly characterized by shallow-water marine carbonates. The Desafio Cave is a secondary and endogenous cave, due to its origin has occurred after the formation of the rock and because the dissolution was the main process of its formation. The structural analysis was carried out in different scale and environments: (1) over carbonate outcrops, (2) on the surface around the cave and (3) inside the Desafio Cave. On the surface, it was raised the descriptive parameters of the fractures (spatial orientation, continuity, spacing, aperture and depth). Inside the cave, the fractures were measured with compass. Concerning the petrographic study, six samples at different levels of dissolution. The results of the structural analysis showed a preferential ENE direction of fractures over the carbonate outcrops as a whole, around and inside the cave. Thus, it is correct to say that local factors (stratigraphic, lithofacies and especially the structural control) had influence in the development of the cave. The petrographic analysis showed little compositional variation for samples where there are levels of little pronounced dissolution, classifying them as biopelsparita /grainstone. Otherwise, the sample collected at the main level of the cave showed an abrupt

compositional change. This is an altered limestone (micrite fossiliferous / crystalline limestone) more susceptible to dissolution and that originated the lower level of the Desafio Cave.

Key-words: Cave development; Desafio Cave; Structural control. Petrography.

1. INTRODUÇÃO

O Estado do Rio Grande do Norte é privilegiado pela existência de quatro Províncias Espeleológicas (Virgens Neto, 2001) distribuídas da seguinte forma: Província do Mato Grande, situada no norte do estado; Província da Chapada do Apodi, na porção oeste; Província Seridó, situada ao sul do estado; e a Província do Alto Oeste, no sudoeste do estado.

A Província Espeleológica da Chapada do Apodi está desenvolvida principalmente nos calcários da Formação Jandaíra, porção superior do Grupo Apodi. Embora os estudos nessa província tenham aumentado no que diz respeito ao registro das cavernas pelo CECAV-IBAMA, ainda há necessidade de intensificar as pesquisas uma vez que existe uma pressão muito grande associada às minerações que visam à extração do calcário e conseqüentemente a degradação do meio cavernícola.

A pesquisa envolve o estudo dos controles estrutural e litológico na gênese da Caverna do Desafio localizada no município de Felipe Guerra, porção oeste da Bacia Potiguar. Trata-se de uma caverna secundária e endógena, devido a sua origem ter ocorrido depois da formação da rocha e ter a dissolução como principal processo de formação.

Área de Estudo

O município de Felipe Guerra está localizado no estado do Rio Grande do Norte (figura 01a) e possui um clima do tipo muito quente, semi-árido e temperatura média anual em torno de 27,8°C. Sua vegetação é composta predominantemente pelas formações Caatinga Hiperxerófila e Carnaubal, suas águas superficiais estão inseridas totalmente nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró e suas águas subterrâneas estão inseridas nos Domínios Hidrogeológico Intersticial e no Kárstico-fissural (IDEMA, 2005). A geologia do município é constituída por rochas sedimentares da Bacia Potiguar (Formações Jandaíra e Açú do Grupo Apodi) e pelos Depósitos Aluvionares (figura 01b). Trata-se de uma bacia que se desenvolveu sobre um substrato de rochas pré-cambrianas

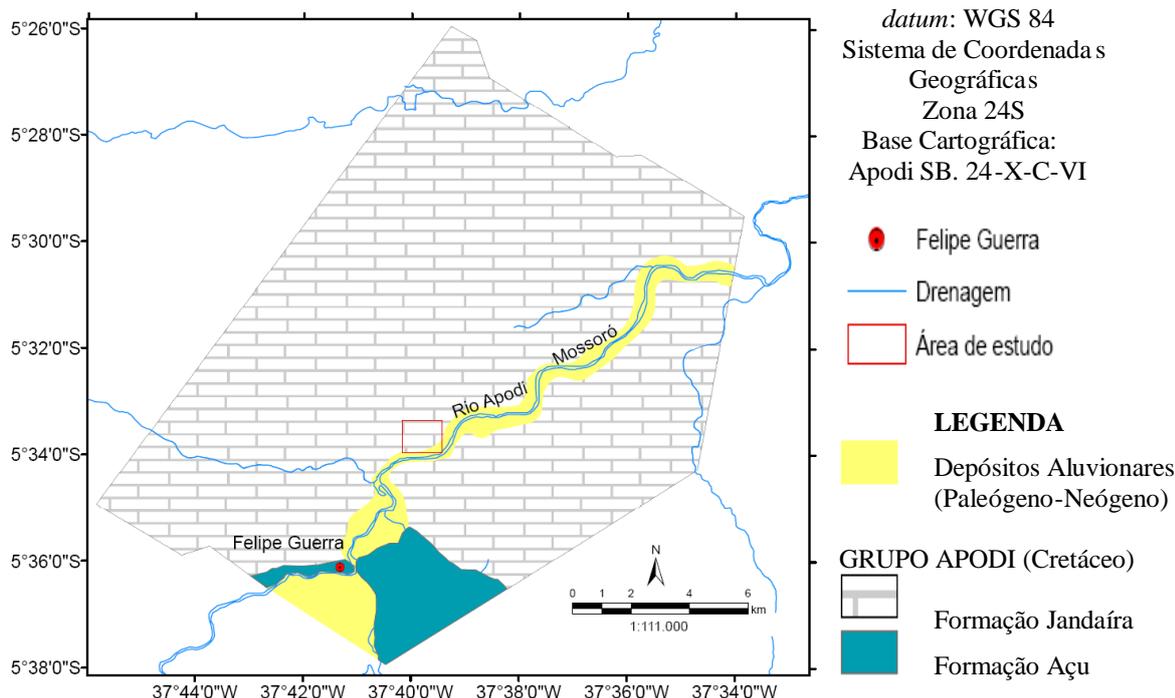
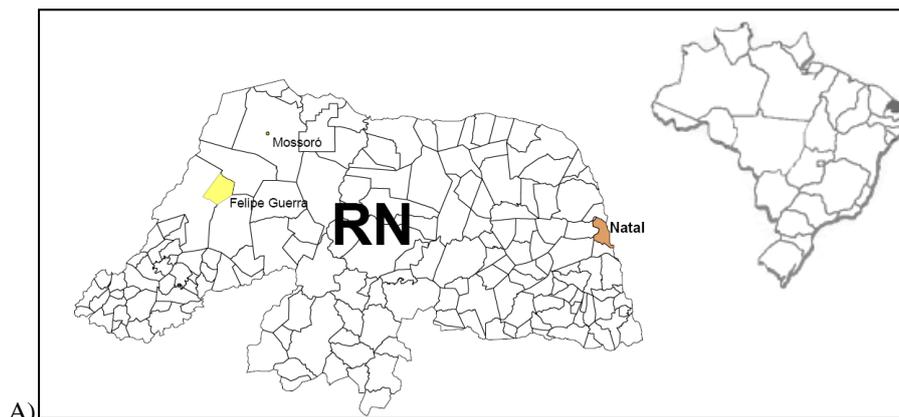
pertencentes à Província Borborema, cujos trends estruturais apresentam direções principais NE e NW (Fortes, 1982; Hackspacker et al., 1985), além de um importante sistema de zonas de cisalhamento E-W e NE-SW. A cavidade natural estudada encontra-se geologicamente inserida nas rochas calcárias da Formação Jandaíra, porção superior do Grupo Apodi que aflora no Lajedo do Rosário situado no município de Felipe Guerra, RN.

2. MÉTODOS

No estudo estrutural foram consideradas três áreas distintas, a saber: o levantamento estrutural de todo Lajedo do Rosário, o levantamento na área em torno da caverna e, o levantamento dentro da caverna.

- No levantamento de todo lajedado focalizou-se o estudo de uma área num contexto mais extenso utilizando uma imagem de satélite do *Google Earth*. No levantamento foi considerada toda a superfície de afloramento do Lajedo do Rosário (Figura 02).
- No levantamento da área em torno da caverna foram caracterizadas de forma pontual as estruturas presentes no local de interesse com o auxílio de bússola Brunton e de GPS geodésico de precisão. A escolha da área foi inicialmente definida, devido exclusivamente a localização da caverna nesse setor (Figura 03). Os parâmetros descritivos das juntas (orientação espacial, continuidade, espaçamento, abertura e profundidade) foram levantados para posterior correlação com a formação de condutos da caverna.
- No levantamento dentro da caverna optou-se por trabalhar apenas com a orientação devido à dificuldade ou impossibilidade de observar os demais parâmetros.

Para o estudo petrográfico foram analisadas seis amostras de rochas calcárias nos diferentes níveis de dissolução da Caverna do Desafio. Elas foram coletadas na superfície do afloramento e ao longo do perfil transversal, nos diferentes níveis de dissolução existentes na entrada principal da caverna.



B)
Figura 01: Mapa de localização da área de estudo (A) e (B). Mapa Geológico do município de Felipe Guerra (B).
Fonte: CPRM 2003.

3. DISCUSSÃO E RESULTADOS

A Caverna do Desafio

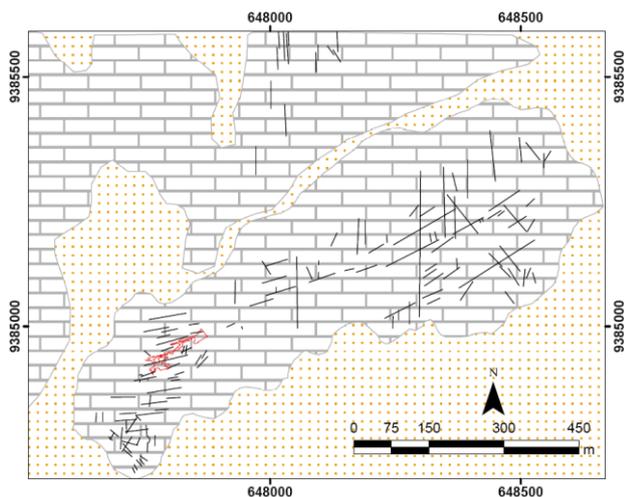
A Caverna do Desafio possui várias entradas, no entanto duas delas se destacam pela maior facilidade de acesso. Uma delas está situada a NE e a outra a SW da caverna. A entrada situada a NE tem sua origem associada ao abatimento de blocos enquanto que a entrada SW, a principal, tem sua origem associada ao alargamento dos planos das juntas pela dissolução. A entrada principal tem coordenadas UTM 647776E/9384921N, 86m de altitude e sua precisão topográfica está enquadrada na escala 3C.

A caverna tem 215,7m de desenvolvimento horizontal orientado na direção ENE, acompanhando a direção principal das juntas que

estão em seu entorno. Seus condutos estão posicionados de forma escalonada. É possível que essa forma tenha sua origem associada ao padrão das juntas que também se apresentam escalonadas. Isso é visível na porção NE da caverna (Figura 03).

Levantamento Estrutural

No levantamento estrutural de todo Lajedo do Rosário foi feito um reconhecimento geral para buscar o entendimento de detalhe através do método indutivo. Foram analisadas 140 fraturas (juntas) e as mesmas estão dispostas segundo as orientações: ENE, NW e N-S (Figura 02). A família ENE predomina em relação às demais, a família NW ocorre em segundo lugar e a N-S tem menor frequência.



Legenda

- Rocha calcária (Lajedo do Rosário)
- Solo
- Caverna Ravina do Desafio
- Juntas

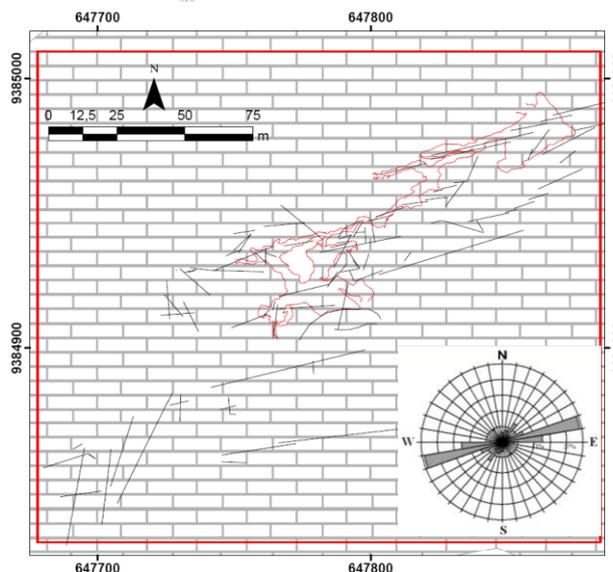
Figura 02: Lajedo do Rosário com estruturas (juntas) levantadas a partir da imagem do *Google Earth*. No canto superior esquerdo do mapa é possível ver o diagrama de roseta mostrando a direção preferencial das juntas ao longo de todo o Lajedo do Rosário.

No levantamento estrutural da superfície em torno da Caverna do Desafio foram obtidos 106 dados de orientação espacial de fraturas e as mesmas estão dispostas segundo a orientação: NW, NE e ENE (Figura 03). A família ENE predomina em relação às demais, a família NE ocorre em segundo lugar e a NW é a tem menor frequência.

Com base nas direções (ENE, NE e NW) obtidas na orientação espacial, os demais parâmetros descritivos foram analisados com base nesses dados de orientação e a descrição deles foi baseada na classificação da ISRM (International Society for Rock Mechanics) 1983, como é descrito a seguir:

No diagrama de coluna é possível observar que a persistência ou continuidade das juntas de direção ENE se destacam na categoria “Média”, “Grande” e “Muito grande”. Já as juntas de direção NE se destacam na categoria “muito pequena”, “média” e “grande” (Figura 04a).

As juntas de direção ENE possuem profundidade muito variável, que vai desde “pequena” a “muito profunda” (Figura 04b). As fraturas caracterizadas como “profunda” e “muito profunda” têm conexão com as galerias da caverna através de dolinas, são, portanto, produto da dissolução.



Legenda

- Área de estudo
- Rocha calcária
- Caverna Ravina do Desafio
- Juntas

Figura 03: Estruturas (juntas) levantadas em torno da Caverna do Desafio. As juntas foram levantadas como o auxílio de bússola e GPS geodésico de precisão. No mapa de descontinuidades é possível observar juntas escalonadas na direção ENE. No diagrama de roseta é possível observar a orientação preferencial das fraturas, ENE.

As juntas estudadas apresentam uma abertura atual que não coincide com a abertura original (abertura formada comitantemente as juntas), ela é produto de estágios posteriores à sua formação, isto é, são juntas abertas por processo de dissolução cárstica. Esse fato é comprovado pela existência de aberturas distribuídas de forma irregular ao longo da junta, seguindo canais tortuosos. A maioria das juntas analisadas é classificada como “aberta” e estão distribuídas principalmente nas direções ENE e NE (Figura 04c).

As juntas de direção ENE apresentam espaçamentos variando de “pequeno” a “extremamente grande”, no entanto existe maior domínio nas classificações “grande” e “extremamente grande”. Observa-se que as classificações “pequeno” e “moderado” também

ocorrem para essa direção ENE (Figura 04d). Nesse caso, quanto menor o espaçamento entre juntas maior será a percolação de água na rocha e conseqüentemente isso favorecerá a dissolução. Os valores zero para fraturas “extremamente pequenas” e “muito pequenas” não quer dizer que não existe espaçamentos nesse tamanho na área de estudo, apenas não foi coletado dados com esse espaçamento.

Os resultados da análise estrutural de subsuperfície revelam a existência preferencial de juntas na direção ENE. Já as juntas de direção NE ocorrem em segundo lugar (Figura 05). Esses resultados corroboram com os valores estruturais levantados em superfície.

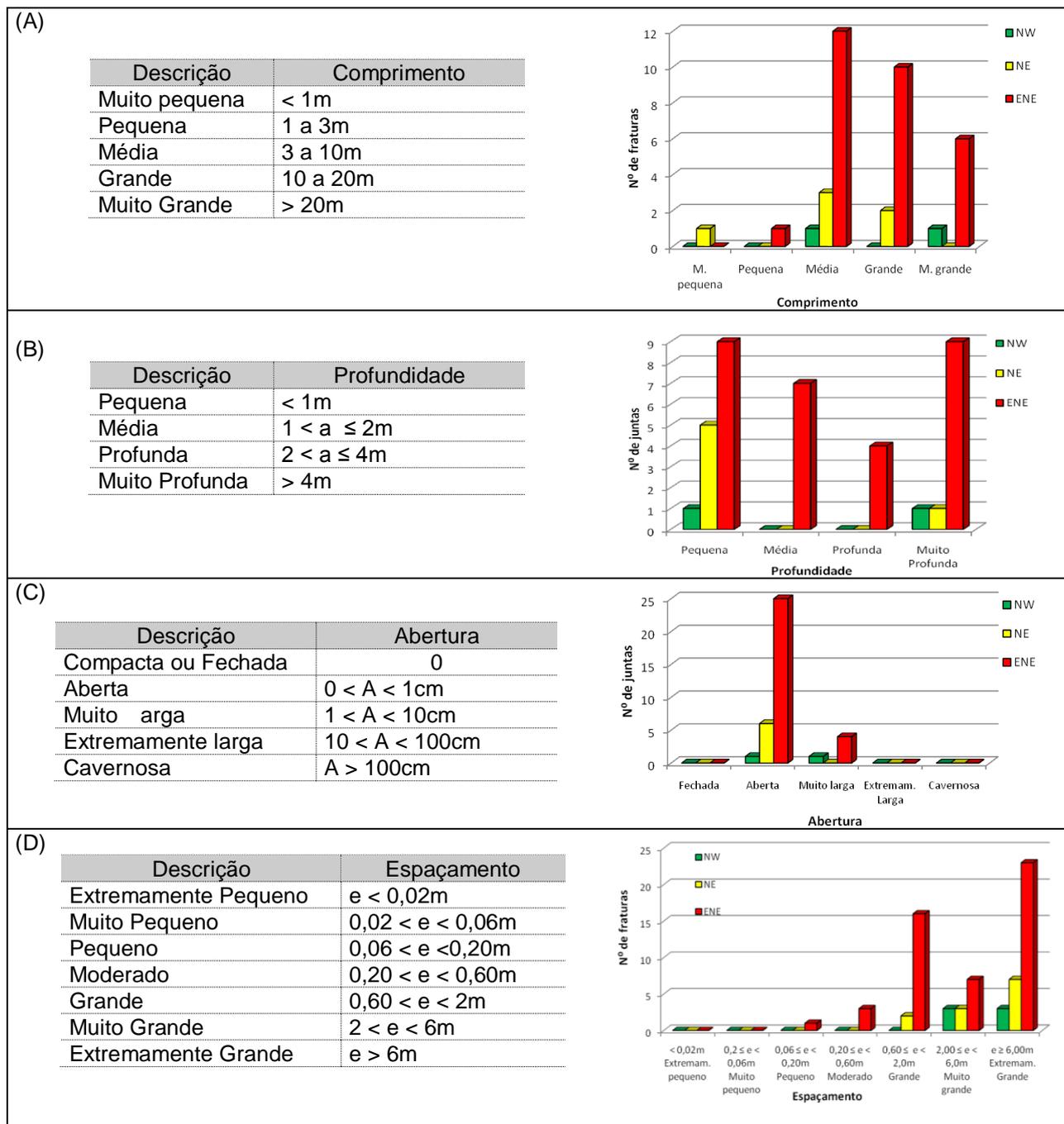


Figura 04: Parâmetros descritivos levantados em campo. Os quadros da esquerda mostram as descrições dos parâmetros de acordo com a IRSM 1983. No lado direito tem-se a relação entre os parâmetros descritivos com as famílias NW, NE e ENE.

Considerando que o eixo principal de dissolução das galerias tem direção ENE e que as demais galerias ou condutos secundários têm direção NE e NW, com menor quantidade de condutos para direção NW, é possível dizer que a formação desses condutos está relacionada à existência de juntas da superfície, principalmente as de direção ENE.

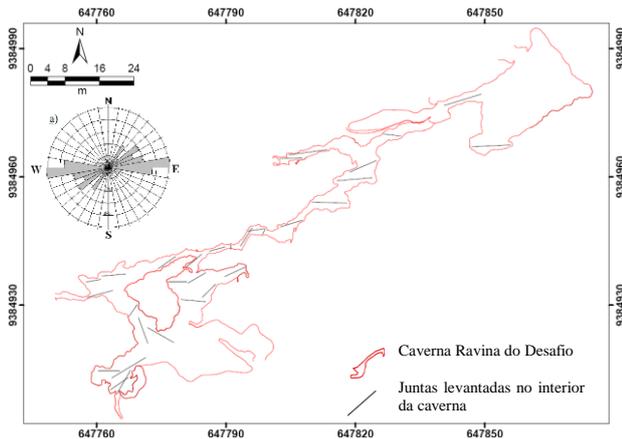


Figura 05: Mapa de estruturas (Juntas) levantadas no interior da Caverna Desafio.

Estudos Petrográficos da Rocha Calcária

A Formação Jandaíra, uma sequência carbonática de idade Eoturoniana-Eocampaniana, é caracterizada predominantemente por carbonatos marinhos de águas rasas e agitadas e é ela que abriga a caverna em estudo.

Para a classificação das rochas carbonáticas foram utilizadas as classificações de Folk (1959) e Dunham (1962). Segundo Folk (1959), é possível estabelecer uma classificação prática dessas rochas separando-as em constituintes aloquímicos e ortoquímicos. Dunham (1962) destaca a textura da rocha carbonática, especialmente o empacotamento dos grãos aloquímicos e suas relações com a matriz.

No estudo petrográfico foram estudados os seguintes parâmetros: percentagem de matriz, percentagem de cimento, tipo e tamanho dos grãos, tipo de porosidade e tipo de contato entre os grãos. A quantidade e o tipo de porosidade no sedimento original também foram estimados.

Os calcários foram classificados como grainstones (Dunham, 1962)/biopelsparita (Folk, 1959) e como calcário cristalino (Dunham, 1962)/micritaossilífera (Folk, 1959), ver figura 06.

Baseado nos estudos petrográficos foi possível confeccionar uma coluna litoestratigráfica de aproximadamente 8,0m de profundidade para

melhor visualização das variações composicionais (Figura 07).

Na análise petrográfica pode-se observar que as amostras 01, 02, 03, 04 e 05 possuem composições parecidas, isto é, todas contêm bioclastos e pelóides como componentes aloquímicos dominantes. Os intraclastos e oóides também ocorrem, porém em quantidades pequenas. Na amostra 05 a quantidade de pelóides aumenta, mas essa variação não afeta a nomenclatura da mesma, sendo ela classificada ainda como biopelsparita (Folk, 1959)/grainstone (Dunham, 1962). A mostra 06 (rocha que representa o nível cavernoso) possui uma característica bastante peculiar. Essa característica é marcada pela intensa alteração da rocha calcária, onde os cristais de calcita foram possivelmente substituídos por cristais de dolomita. Essa transformação é usualmente denominada de neomorfismo.

4. CONCLUSÕES

A caverna tem seu desenvolvimento principal (galerias ou condutos principais) controlado pela família de juntas ENE, enquanto que suas galerias secundárias tem seu desenvolvimento controlado pelas famílias NE e NW.

As juntas levantadas em todo Lajedo do Rosário possuem direção preferencial ENE, e quanto às juntas da superfície em torno da Caverna e as de subsuperfície também possuem direção aproximada, com ênfase à família ENE. Dessa forma é correto afirmar que as descontinuidades locais tiveram grande influência no desenvolvimento da Caverna do Desafio. Os valores dos demais parâmetros descritivos levantados em campo (continuidade, espaçamento, abertura e a profundidade das fraturas) mostraram favoráveis a infiltração e percolação de água meteórica nas juntas de direção NW, NE e ENE, com destaque a última. Consequentemente isso contribuiu para dissolução e formação de cavidades naturais nessa direção de família. Condutos de direção NE e NW também ocorrem, entretanto são menos desenvolvidos, são galerias secundárias.

Os estudos petrográficos mostraram pouca variação em termos de aloquímicos e cimento carbonático para as amostras 01, 02, 03, 04 e 05, isto é, todas contêm bioclastos e pelóides como componentes aloquímicos dominante e esparita como cimento carbonático, sendo elas classificadas como biopelsparita e grainstone. A mostra 06 (estrato/camada que representa o nível cavernoso)

possui uma característica bastante peculiar que favoreceu a dissolução preferencial. Essa característica é marcada pela intensa alteração da rocha calcária denominada neomorfismo. Dessa forma, calcários dos níveis superiores, classificados como grainstone, mostram-se mais resistentes ao intemperismo químico do que a amostra 06, classificada como calcário cristalino.

AGRADECIMENTOS

Aos companheiros que ajudaram na realização desse trabalho, ao projeto Espeleometria e Caracterização Ambiental de Cavidades Naturais Subterrâneas no Município de Felipe Guerra, ao CECAV/RN e a Universidade Federal do Ceará (UFC).

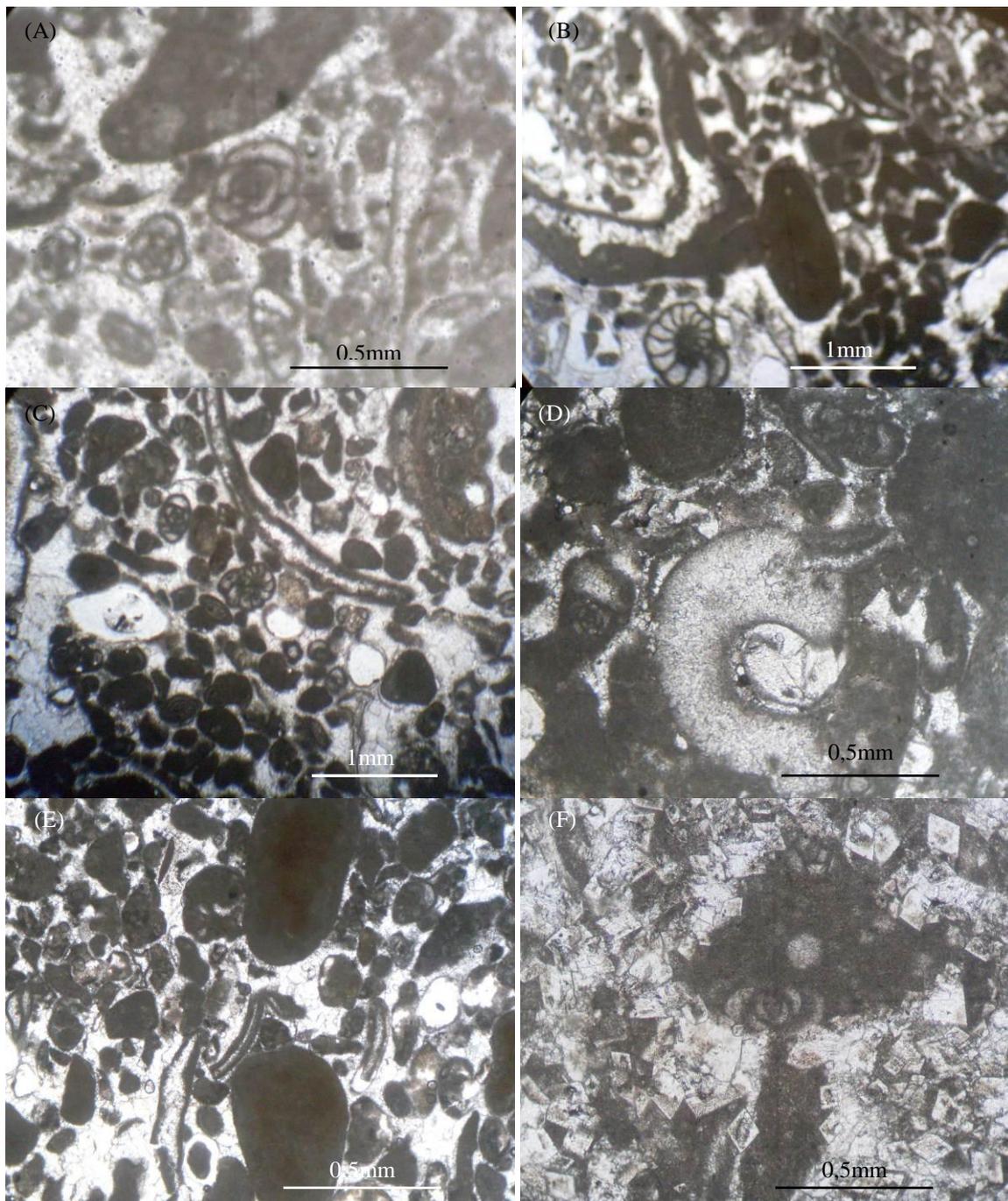


Figura 06: Amostra 01 - biopelsparita/grainstone com pelóides bioclastos do tipo foraminífero (A). Amostra 02 - biopelsparita/grainstone com intraclasto, pelóides e bioclastos do tipo foraminífero (B). Amostra 03 - biopelsparita/grainstone com bioclastos e pelóides cimentados por esparita (C). Amostra 04 - biopelsparita/grainstone com foraminíferos e gastrópode (D). Amostra 05 - biopelsparita/grainstone com pelóides de tamanhos variáveis e alguns bioclastos do tipo foraminífero (E). Amostra 06 - micrita fóssilífera/calcário cristalino com cristais de dolomita rodeado por matriz micrítica e com sombra de bioclasto (foraminífero) numa matriz micrítica (F).

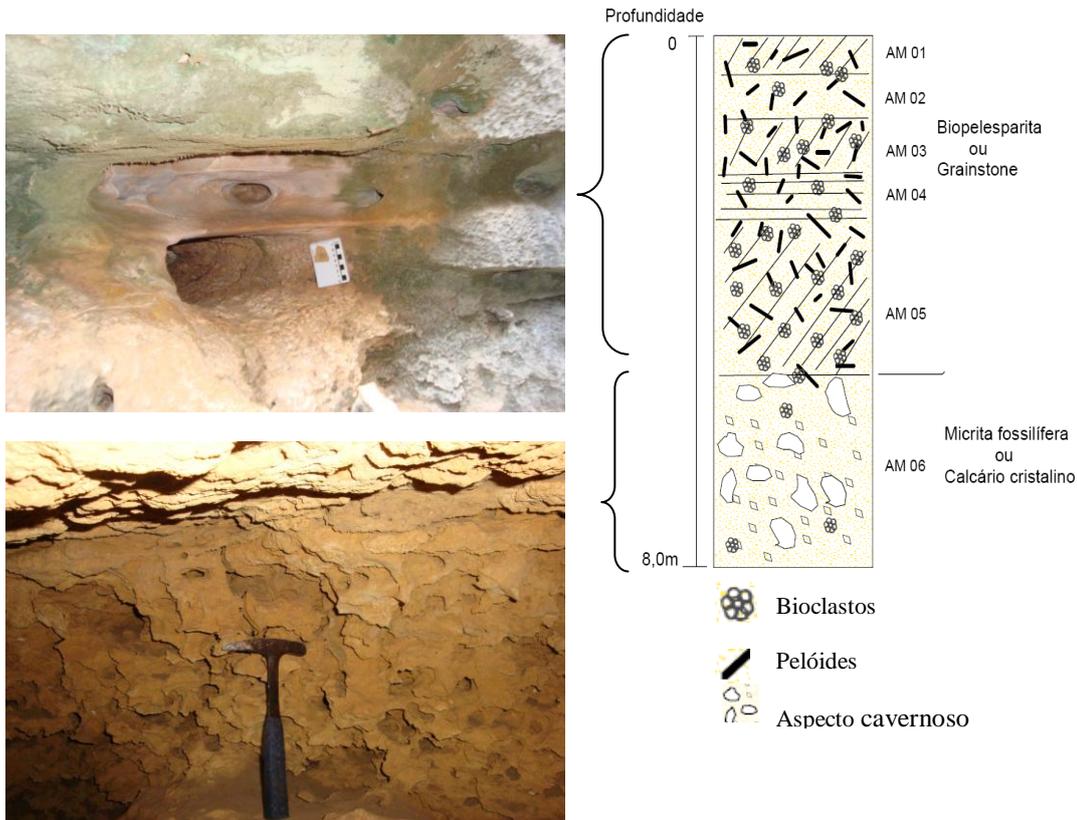


Figura 07: Desenho esquemático mostrando a sequência de estratos calcários, de acordo com as observações realizadas. Nele é possível ver que existe pouca variação nas amostras 01, 02, 03, 04 e 05, todas compostas predominantemente por bioclastos e pelóides, já amostra 06 apresenta uma característica peculiar, isto é, aspecto de neomorfismo (coluna litoestratigráfica). Outra característica também muito importante é o aspecto cavernoso visto dentro das galerias por onde se desenvolve toda caverna (foto com martelo geológico). Esse aspecto é muito diferente do que ocorre nos níveis de dissolução menos pronunciados (foto com escalímetro).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, A. E.; MACKENZIE, W. S.; GUILFORD, C. **Atlas de Rocas Sedimentarias**. Disponível em: <http://geodownload.blogspot.com/2009/05/atlas-de-rocas-sedimentarias-by-adams.html>. Acessado em: 02 jan. 2011.
- AMARAL, C. A. **Correlação entre Contexto Morfoestrutural e Sismicidade nas Regiões da João Câmara e São Rafael, RN**. Dissertação de mestrado. Natal. 80p. 2000.
- ARARIPE, P. T.; FEIJÓ, F. J., 1994. **Bacia Potiguar**. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*. Rio de Janeiro/RJ, v. 8, no1, p.127-141.
- CÂMARA, J. R. F ; GOMES, I. P. ; VERÍSSIMO, C.U.V.; BEZERRA, F.H.R ; CLEMENTE, I.M.; CRUZ, J.B. Controle Estrutural e sua Influência na Formação da Gruta do Arapuá, Localizada na Chapada do Apodi - RN. **In: XXII Simpósio de Geologia do Nordeste, Natal**. Boletim de Resumos n^o 20. Natal/RN : SBG/NN. v. 1. p. 230. 2007.
- CAVALCANTI, J. A. D. Mapeamento Espeleológico. **SEE – Sociedade Excurcionista Espeleológica**. Ouro Preto, 1a. Edição 30p. 1996.
- CECAV, 2009. **Relatório Demonstrativo da Situação Atual das Cavidades Naturais Subterrâneas – Por Unidade da Federação – Rio Grande do Norte**. IBAMA, Rio Grande do Norte. http://www4.icmbio.gov.br/CECAV/index.php?id_menu=394. Acessado em 20/12/2010.

- CREMONINI, O. A. **Caracterização Estrutural e Evolução da Área de Ubarana, Porção Submersa da Bacia Potiguar, Brasil.** Dissertação de Mestrado – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 136p. 1993.
- CREMONINI, O. A.; GOULART, J. P. M. & SOARES, U. M. O Rifte Potiguar: novos dados e implicações tectônicas. **In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil**, 4, Rio Claro, São Paulo. UNESP, Boletim, pp. 89-93. 1996.
- DANTAS, E. P. **Gravimetria e Sensoriamento Remoto: uma aplicação no estudo da tectônica recente entre Macau e São Bento do Norte, RN.** Dissertação de Mestrado. UFRN. Natal. 97p. 1998.
- DUNHAM, R. J. In: _____ **Petrografia Básica: textura, clasificación y nomenclatura de rocas.** Editorial Paraninfo, Madrid, 1989. Cap. 3., p. 78-92. 1962.
- FARIAS, P. R. C. Caracterização Ambiental das áreas de atuação da Petrobrás no Rio Grande do Norte. Geologia da Superfície da área de detalhe de Macau. Relatório final. 1997.
- FOLHA APODI (SB.24-X-C-VI). SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Mapa digital, colorido. Escala 1:100.000. 1982.
- FOLHA QUIXERÉ (SB.24-X-C-III). SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento Nordeste. Mapa digital, colorido. Escala 1:100.000. 1982.
- FOLK. In: _____ **Petrografia Básica: textura, clasificación y nomenclatura de rocas.** Editorial Paraninfo, Madrid, 1989. Cap. 3., p. 78-92. 1959, 1962.
- FORD, D.C. & WILLIAMS, P. W. **Karst geomorphology and hydrology.** Urwin Hyman, London. 601p. 1989.
- FORTES, F. P. Mapa Geológico da Bacia Potiguar (1:100.000): a origem da Bacia Mesozóica do Apodi como decorrência do ciclo Tectono-Orogênico Brasileiro. **Natal: PETROBRAS. DEPEX.** Relatório interno. 1982.
- GOMES, I. P., **Influência do fraturamento na formação de feições cársticas no Calcário Jandaíra, Felipe Guerra – RN.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 146p. 2008.
- HACKSPACHER, P.C.; CORSINO, A. R.; SRIVASTAVA, N. K. E TIRIBA, V. F. A falha de Afonso Bezerra como evidência de significativo tectonismo frágil NW-SE na Bacia Potiguar emersa. **Boletim DG/CCE/UFRN** 10: 33-44. 1985.
- HOERLLE, M. R. E GOMES, C. J. S. MATOS, R. M. D. De. O Gráben de Apodi, região sudoeste da bacia Potiguar, RN, uma interpretação com base em seções sísmicas e dados de poços. **REM: R. Esc. Minas**, Ouro Preto. v. 60, n. 4, p. 593-602, out. dez. 2007.
- IBGE, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acessado em 05/02/2011.
- IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente, 2005. **Anuário Estatístico do Rio Grande do Norte.** Rio Grande do Norte. <http://www.idema.gov.br>. Acessado em 25/11/2010.
- ISRM – International Society for Rock Mechanics, 1983. **Suggested methods for the quantitative description of rock masses.** Traduzido pela ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. Método para descrição quantitativa de descontinuidades em maciços rochosos. Edição autorizada pela Pergaman Press LTD Oxford-England. São Paulo. p.132.

- KARMANN, I.; FERRARI, J. A.; **Carste e Cavernas do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP.** Disponível em: <http://vsites.unb.br/ig/sigep/sitio043/sitio043.pdf>. Acessado em: 20 jan. 2011.
- MABESOONE, J.M.; CAMPOS E SILVA, A.; BEULEN, K. Estratigrafia e Origem do Grupo Barreiras em PE, PB e RN. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 2, p. 173-188. 1972.
- MATOS, R.M.D. The Northeastern Brazilian Rift System. **In: tectonics**, v. 11 n. 4, p. 767-790. 1992.
- MELO, A. C; MOURA E.; ANSELMO, G.; MESQUITA, M.; AQUINO, M.; COSTA, R. **Normas para Apresentação de Trabalhos Acadêmicos da Universidade Federal do Ceará.** Disponível em: http://www.ufc.br/biblioteca/images/stories/arquivos/bibliotecauniversitaria/guianormalizacao_ufc.pdf. Acesso em: 01 jan. 2011.
- MELO, J.G.; STEIN, P.; VASCONCELOS, M.B.; SILVA, F. H. R. Recarga do Aquífero na Borda Sudoeste da Bacia Potiguar Trecho Apodi-Upanema. **Revista de Geologia**, v. 19, n°1, p. 61-72. 2006.
- NETO, O. C. P.; SOARES, U. M.; SILVA, V. A. J. G. F.; ROESNER, E. H.; FLORENCIO, C. P. E SOUSA, C. A. V. Bacia Potiguar. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 357-369, maio/Nov. 2007.
- NETO, O. C. P.; SOARES, U. M.; SILVA, V. A. J. G. F.; ROESNER, E. H.; LORENCIO, C. P. E SOUSA, C. A. V. Bacia Potiguar. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 357-369, maio/Nov. 2007.
- NEVES, C. A. O. **Análise regional do Trinômio Geração-Migração-Acumulação de Hidrocarbonetos na Sequência Continental Eocretácea da Bacia Potiguar Emersa, NE do Brasil.** 1987. 71 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto/MG, 1987.
- PESSOA NETO, O. C. Estratigrafia de Sequências da Plataforma Mista Neogênica na Bacia Potiguar, Margem Equatorial Brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 3, p. 263-278. 2003.
- SANTOS, T. J. S. DOS. **Evolução tectônica e geocronológica do extremo noroeste da província Borborema.** 1999. 186 f. Tese (Doutorado em Geologia Regional) - Centro de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.
- SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar.** São Paulo: Blucher, 2003. Auxílio parcial da Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade de São Paulo. ISBN 85-2120317-9.
- SZATMARI, P.; FRANÇOLIN, J. B. L. ZANOTTO, O.; WOLFF, S. Evolução tectônica da margem equatorial brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**. 17 (2): 189-195. 1987.
- SZATMARI, P.; MILANI, E. J.; CONCEIÇÃO, J. C. J.; LOBO, A. P. **How South Atlantic rifting affects Brazilian Oil reserves distribution.** 14p. 107-144. 1985.
- TIBANA, P. E TERRA, G. J. S. Sequências Carbonáticas do Cretáceo da Bacia Potiguar. **Bol. Tec. PETROBRÁS**, v. 24, n. 3, p. 174-183. 1981.
- VAN SCHMUS, W.R.; BRITO NEVES, B.B.; HACKSPACHER, P.C.; BABINSKI, M. U/Pb and Sm/Nd geochronologic studies of the eastern Borborema Province, Northeast Brazil: Initial conclusions. **Jour. South Amer. Farth Sci.** v. 8, n. 3/4, p. 267 – 288. 1995.
- VIRGENS NETO, J. DAS. SANTOS, ADELTON, R. S. T. DE ALMEIDA NETO, C. R. F. MEDEIROS. Uso da Ferramenta SIG no Cadastramento das Cavernas do Rio Grande do Norte e seu Diagnóstico. **Congresso de Iniciação e Tecnologia da UFRN.** Natal/RN. 2001.