



35^o
Bonito - MS

ANAIS do 35^o Congresso Brasileiro de Espeleologia
19 - 22 de julho de 2019 - ISSN 2178-2113 (online)



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 35^o Congresso Brasileiro de Espeleologia disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br.

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

VERÍSSIMO, C.E.V. et al. Controle estrutural e aspectos genéticos da Gruta Casa de Pedra: exemplo de carste em rochas pré-cambrianas no domínio Ceará Central. In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, 2019. Bonito. *Anais...* Campinas: SBE, 2019. p.138-148. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais35cbe/35cbe_138-148.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.
Consulte outras obras disponíveis em www.cavernas.org.br

CONTROLE ESTRUTURAL E ASPECTOS GENÉTICOS DA GRUTA CASA DE PEDRA: EXEMPLO DE CARSTE EM ROCHAS PRÉ-CAMBRIANAS NO DOMÍNIO CEARÁ CENTRAL

STRUCTURAL CONTROL AND GENETIC ASPECTS OF THE CASA DE PEDRA CAVE: KARST STUDY ON PRE-CAMBRIAN ROCKS IN THE CEARÁ CENTRAL DOMAIN

César Ulisses Vieira VERÍSSIMO; Sebastian Gonzáles CHIOZZA; Wellington Ferreira da SILVA FILHO; Jefferson Lima dos SANTOS; Vanusa Antônia Castelo BARBOSA; Pedro Edson Face MOURA; Alan Liupekevicius CARNIELLI; Gabriel Valentim BERNI; Pâmella MOURA

Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, CE

Contato: cesarulisses85@gmail.com.

Resumo

A Gruta Casa de Pedra é um exemplo típico de carste em rochas carbonáticas pré-cambrianas no Estado do Ceará e o principal atrativo turístico dos municípios de Itaitira e Madalena. Ocorre em mármore impuros intercalados em xistos, quartzitos e migmatitos (diatexitos e metatexitos) da subunidade Guia da Unidade Independência (Complexo Ceará Central) no interior do Domínio Tectônico Ceará Central. Este conjunto integrado por metapelitos, psamitos e rochas químicas que compõem a sequência QPC neoproterozóica do Complexo Ceará, encontra-se intensamente dobrado e metamorfozido no fácies anfíbolito, exibindo assembleias minerais de média a alta temperatura e pressão que incluem almandina, silimanita e cianita. As lentes carbonáticas são constituídas predominantemente por calcita, dolomita, muscovita e quartzo além de minerais formados a partir de reações de descarbonatação como tremolita-actinolita e diopsídio. Os afloramentos de mármore e rochas calcissilicáticas, mais resistentes que os xistos encaixantes ressaltam na topografia local formando inselbergues cársticos que exibem evidências superficiais indicativas da atuação de um fluxo hidrológico misto na gênese da Gruta Casa de Pedra. A assimetria suave do relevo em direção ao nível de base atual representado pelo rio Teotônio sugere a influência de fluxo alogênico controlado pelo mergulho dos planos de foliação no sentido sudoeste. Igualmente importante, o fluxo autogênico conduzido por processos de dissolução química e dolinamento em subsuperfície, no interior das lentes carbonáticas parece ter influenciado na abertura de espaços, no basculamento e, provavelmente, na remoção de blocos. A lente carbonática onde se encontra a gruta é caracterizada por um conjunto de dobras recumbentes e isoclinais, métricas a decamétricas cujos eixos e planos-axiais sub-horizontais mostram vergência dominante para leste/sudeste. Nos afloramentos do entorno e no interior da caverna é possível reconhecer duas fases de deformação principais, materializadas por planos de foliação (S_n e S_{n-1}) os quais condicionaram a infiltração e percolação das águas em condições freáticas e vadasas. A dissolução química acompanhou preferencialmente a região de charneira das dobras, os planos das foliações e as fraturas. Estas feições são evidenciadas preferencialmente no salão mais amplo da caverna (salão das dobras), mas encontram-se também em diversos setores e afloramentos que compõem o relevo cárstico, ressaltando a importância do controle estrutural nas fases iniciais de dissolução e percolação da água. Os processos químicos de dissolução atual são limitados normalmente aos quatro meses chuvosos (fevereiro à maio) e consistem na ampliação de pequenas bacias de dissolução, lapíais alveolares e escorrimentos localizados na superfície e entre os estratos carbonáticos, sem formação importante de espeleotemas. A porosidade dos mármore é normalmente muito baixa dificultando a infiltração e circulação da água no sistema cárstico. Entretanto, as heterogeneidades composicionais representadas pelo contato entre as bandas de composição distinta e especialmente o acervo de estruturas brasileiras penetrativas pré-existentes, foi fundamental na formação da Gruta Casa de Pedra. Entender a gênese desta caverna corresponde a um dos objetivos do projeto “Estudando e conservando a Gruta Casa de Pedra”

Palavras-Chave: Gruta Casa de Pedra; carste em rochas pré-cambrianas; domínio Ceará central.

Abstract

The Casa de Pedra cave is a typical example of karst on pre-Cambrian carbonate rocks in the State of Ceará and the main tourist attraction in the municipalities of Itatira and Madalena. It occurs in impure marbles interspersed in schists, quartzites and migmatites (diatexites and metatexites) of the subunit Guia and Independence Unit (Central Ceará Complex) within the Ceará Central Tectonic Domain. This set consists of metapelites, psamites and chemical rocks that compose the neoproterozoic QPC sequence of the Ceará Complex, is intensely folded and metamorphosed into amphibolite facies, exhibiting medium to high temperature and pressure assemblages that include almandine, silimanite and kyanite. Carbonate lenses are predominantly composed of calcite, dolomite, muscovite and quartz, as well as minerals formed from decarbonation reactions such as tremolite-actinolite and diopside. The outcrops of marbles and calcissilicic rocks, more resistant than the encasing schists, stand out in the local topography forming karstic inselbergs that exhibit surface evidences indicative of the performance of a mixed hydrological flow in the genesis of the Casa de Pedra cave. The smooth asymmetry of the relief towards the current base level represented by the Teotônio River suggests the influence of allogenic flow controlled by the plunge of the foliation planes in the southwest direction. Equally important, the autogenic flow driven by chemical dissolution and subsurface doling processes inside carbonate lenses seems to have influenced the opening of spaces, tipping and, probably, removal of blocks. The carbonate lens where the cave is located is characterized by a set of recumbent and isoclinal folds, metric to decametric whose axes and axial planes show dominant vergence to the east / southeast. In the outcrops of the surroundings and inside the cave it is possible to recognize two main deformation phases, materialized by foliation planes (Sn and Sn-1), which conditioned the infiltration and percolation of the waters in water and vadose conditions. The chemical dissolution preferably followed the hinge region of the folds, foliation planes and fractures. These features are evidenced preferentially in the larger hall of the cave (folding hall), but are also found in several sectors and outcrops that make up the karst relief, emphasizing the importance of structural control in the initial phases of water dissolution and percolation. The current chemical dissolution processes are normally limited to the four rainy months (February to May) and consist of the expansion of small dissolution basins, alveolar and channel karrens located on the surface and between the carbonate strata without significant formation of speleothems. The porosity of the marbles is usually very low, making it difficult to infiltrate and circulate water in the karst system. However, the compositional heterogeneities represented by the contact between the bands of distinct composition and especially the collection of pre-existing penetrative Brazilian structures was fundamental in the formation of the cave. Understanding the genesis of this cave corresponds to one of the objectives of the project "Studying and conserving the Casa de Pedra Cave".

Keywords: Casa de Pedra cave; karst in precambrian rocks; Ceará Central Domain.

1. INTRODUÇÃO

No estado do Ceará, a gruta Casa de Pedra representa um dos poucos registros de caverna com várias centenas de metros de desenvolvimento, formada em rochas carbonáticas pré-cambrianas.

Além da facilidade de acesso e circulação através das suas galerias labirínticas horizontais, existem registros de gravuras pré-históricas e diversas lendas e histórias vinculadas à Casa de Pedra que tornam a gruta o principal atrativo turístico dos municípios de Itatira e Madalena.

A monotonia do relevo regional predominantemente plano, representado pela Depressão Sertaneja é interrompida por pequenos morros e colinas dissecados em mármore e rochas calcissilicáticas formando localmente inselbergues cársticos com amplitudes locais inferiores a cem metros acima da superfície aplainada. As lentes

carbonáticas constituídas predominantemente por calcita, dolomita, muscovita e quartzo, além de tremolita-actinolita e diopside, são mais resistentes que os xistos encaixantes ressaltando no contexto topográfico atual.

Geologicamente, a Gruta Casa de Pedra se desenvolveu em mármore impuro intercalados com rochas calcissilicáticas, xistos, quartzitos e migmatitos (diatexitos e metatexitos), que em conjunto configuram uma associação metamórfica paraderivada originada a partir de uma sequência de margem continental composta por psamitos, pelitos e sedimentos químicos. Este conjunto litológico foi cartografado como subunidade Guia e faz parte da unidade Independência que integra o Complexo Ceará, dentro domínio tectônico Ceará Central (Figura 1) (e.g. Fetter et al. 2003; Arthaud, 2007, Arthaud et al., 2015).

As rochas do Complexo Ceará foram transformadas pelos processos tectono-metamórficos da Orogenia Brasiliana (610 a 540 Ma.), e em particular as da subunidade Guia, apresentam marcada foliação e encontram-se intensamente dobradas e metamorfizadas no fácies anfífolito, exibindo assembleias minerais de média a alta temperatura e pressão que incluem almandina, silimanita e cianita. Estudos regionais baseados na

análise de lineações de estiramento e outros indicadores cinemáticos, apontam que o transporte tectônico de massa relacionado às fases iniciais de orogênese Brasiliana/Pan-africana avançou principalmente nas direções leste e sudeste, gerando espessamento crustal por empilhamento de nappes com características similares ao modelo tectônico himalaiano.

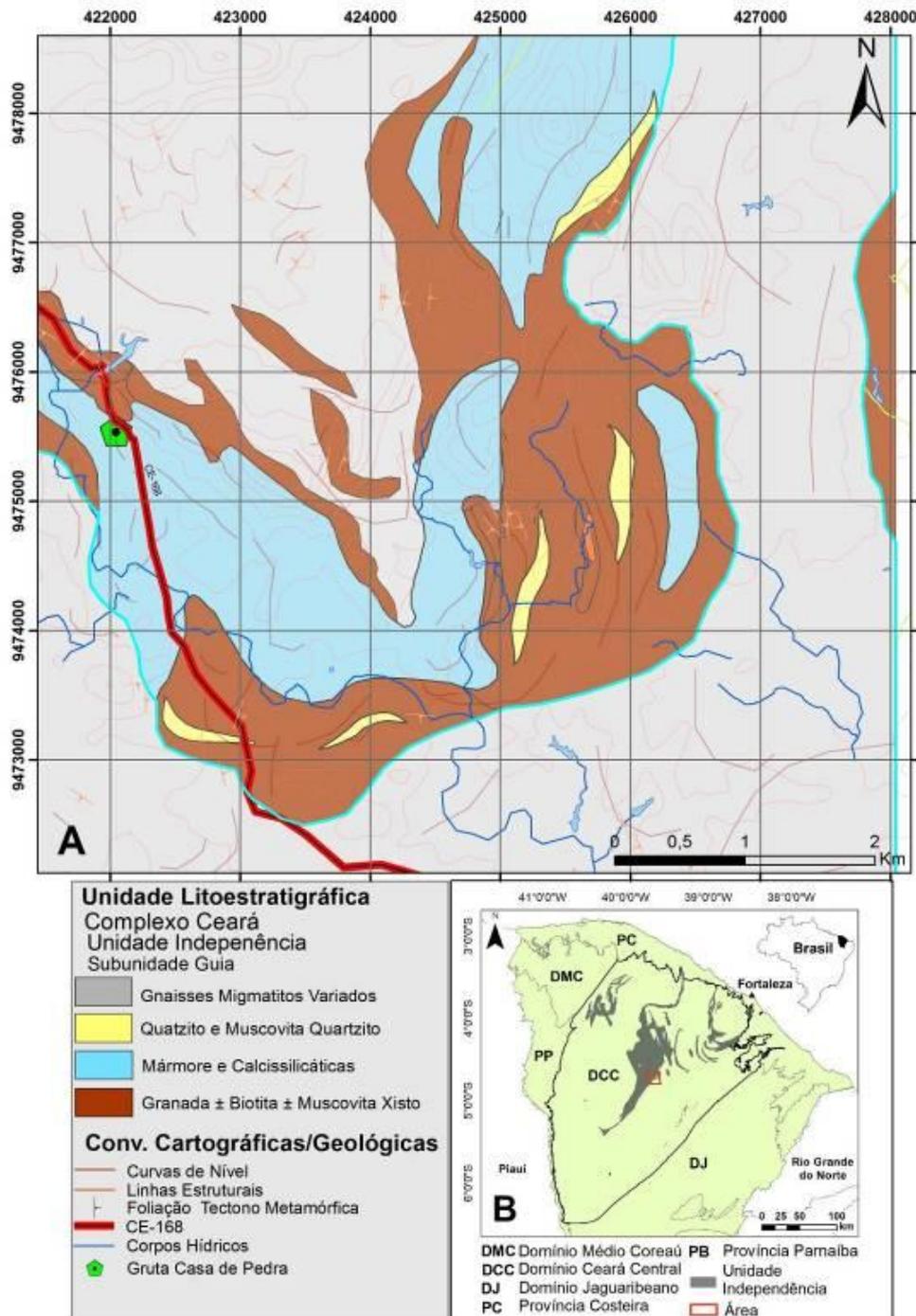


Figura 1: A. Mapa geológico simplificado da área estudada, como localização da Gruta Casa de Pedra. B. Principais Domínios Tectônicos do Estado do Ceará.

Posteriormente, nos estágios orogênicos mais avançados, a deformação do regime colisional adotou um direcionamento oblíquo, gerando as zonas de cisalhamento transcorrentes continentais, com orientação NNE-SSW e cinemática dextral, (Caby & Arthaud, 1986, Arthaud 2007).

Observa-se também que em épocas geológicas pós-Brasilianas, com as rochas mais próximas da superfície, os processos de deformação rúptil desenvolveram um intenso fraturamento nas rochas da região, destacando-se que o mesmo teve um papel significativo na formação da caverna que é o objeto deste estudo.

Os resultados das pesquisas desenvolvidas através do projeto “Estudando e Conservando a Gruta da Casa de Pedra” executado por pesquisadores vinculados ao Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará (DEGEO) e financiado através do Fundo de Defesa dos Direitos Difusos do Estado do Ceará (FDID/MPE-CE) levaram a diversas conclusões diferenciadas em três eixos temáticos: Espeleometria (González Chiozza et al., 2018), Espeleogênese (Verissimo et al., 1998) e Patrimônio Geológico/Geodiversidade (Moura et al., 1998).

São apresentados aqui os dados parciais vinculados aos dois primeiros eixos citados acima, especialmente os relacionados ao controle estrutural e a gênese da gruta Casa de Pedra.

A pesquisa envolveu diversas atividades cuja finalidade principal foi dar suporte aos estudos genéticos, turísticos e de gestão na preservação do patrimônio espeleológico e incluíram: (1) a espeleometria detalhada com a geração de projeções horizontais (plantas baixas), seções verticais e longitudinais da caverna; (2) a geração de modelo 3D preliminar; (3) o mapeamento geológico sistemático do contexto regional e local das rochas carbonáticas (mármore e rochas calcissilicáticas) e encaixantes nos arredores da caverna e da localidade de São José dos Guerra; (4) análises petrográficas dos mármore, calcissilicáticas e encaixantes; (5) análises mineralógicas por difração de raios-X (DRX) dos espeleotemas e minerais presentes nas rochas carbonáticas; (6) levantamento estrutural de semi-detalle e detalle do inselbergue cárstico e da gruta, com medida de foliações tectono-metamórficas e fraturas; (7) levantamento aerofotogramétrico com uso de veículo aéreo não tripulado (VANT); (8) interpretação e extração de lineamentos e estruturas rúpteis presentes na superfície da lente carbonática onde localiza-se a gruta Casa de Pedra; e, (9) observação geológica e

levantamento de feições internas a caverna voltadas a entender a espeleogênese da gruta Casa de Pedra em suas diferentes fases de evolução.

2. METODOLOGIA

A espeleometria total da Gruta Casa de Pedra encontra-se em fase de execução, e integra métodos tradicionais de topografia em caverna (irradiação, poligonais abertas e fechadas) utilizando bússolas sobre tripés, combinado com o uso de outros equipamentos de precisão que permitem melhorar tanto a acurácia quanto a eficiência das medições.

Desta forma, além das bússolas geológicas, clinômetros e trenas laser, foram utilizados um GPS diferencial Topcon HIPER SR para georreferenciar os pontos de amarração, uma estação total Trimble M3 para posicionar piquetes no interior da caverna e medir pontos inacessíveis (sem prisma), e um drone Phantom 4 Pro para obter imagens aéreas da área e gerar modelos digitais do terreno e mapas topográficos (Figura 2).

Como resultado, estão sendo produzidas bases cartográficas detalhadas na escala 1:100 de qualidade e alta precisão, as quais incluem o desenho do contorno da caverna, o conjunto de todas as galerias, salões e condutos interiores combinado com a topografia da superfície de toda a área de influencia da caverna. Os produtos gerados envolvem mapas, seções transversais e longitudinais da gruta Casa de Pedra (Figura 3).

Durante as etapas de campo da pesquisa foi realizado mapeamento geológico sistemático das rochas carbonáticas (mármore e rochas calcissilicáticas) e encaixantes que ocorrem nos arredores da caverna e da localidade de São José dos Guerra. O que permitiu a delimitação dos contatos e da geometria dos litotipos mapeados, da atitude (direção e mergulho) e trend regional das foliações tectono-metamórficas, e das orientações e mergulho dos eixos das principais dobras existentes na área mapeada (Figura 1).

Análises petrográficas de seções delgadas dos mármore e encaixantes realizadas no Laboratório de Microscopia do Departamento de Geologia - UFC, assim como análises mineralógicas por DRX dos espeleotemas realizadas no Laboratório de Raios-X do Departamento de Física - UFC, levaram à determinação dos principais constituintes minerais presentes nas rochas e espeleotemas.



Figura 2: Ilustração dos instrumentos e atividades aplicadas a espeleometria da gruta Casa de Pedra. **A:** GPS diferencial Topcon HIPER SR; **B:** plaquetas metálicas de identificação dos pontos de amarração; **C:** levantamento topográfico com uso de bússola bruphton sobre tripé; **D:** levantamento com estação total Trimble M3 na superfície e locação dos pontos de amarração interna da gruta; **E:** espeleometria no interior da caverna usando estação total; e **F:** atividade de levantamento aerofotogramétrico com Phantom 4 Pro.

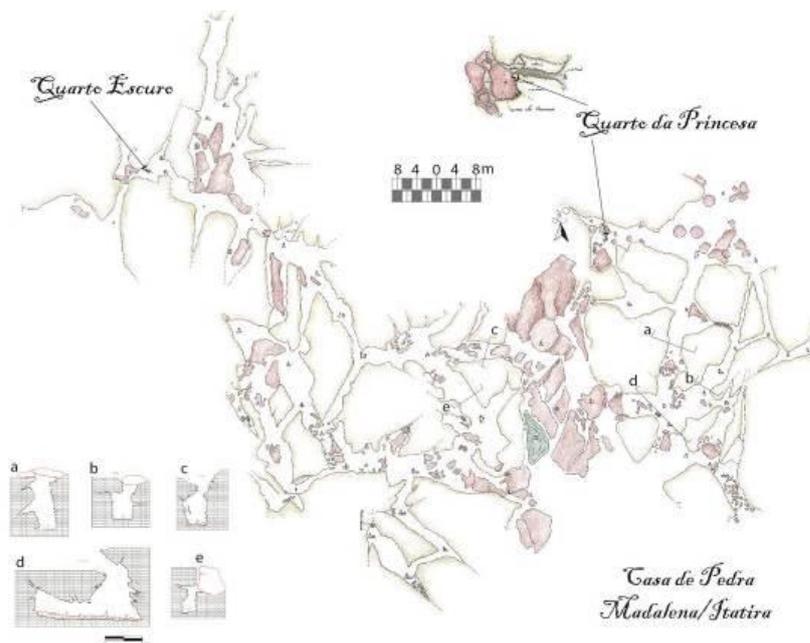


Figura 3: Planta Baixa preliminar da Gruta Casa de Pedra e seções transversais.

Durante e posterior ao mapeamento geológico foi iniciado o levantamento estrutural de semi-detalle da lente carbonática (inselbergue cárstico) e de detalhe do interior da gruta. Ambos encontram-se ainda em execução, e consistem na coleta sistemática de estruturas dúcteis e rúpteis com bússola (foliações, fraturas e falhas) e na geração e interpretação de frequência e orientação espacial dos dados usando diagramas de rosetas e projeção esférica para subsidiar os estudos espeleogenéticos.

Posteriormente, as imagens aéreas obtidas a partir de levantamento aerofotogramétrico com veículo aéreo não tripulado (quadricóptero Phantom 4) em diferentes altitudes, permitiu a interpretação e extração de lineamentos e estruturas rúpteis presentes na superfície do inselberg cárstico onde localiza-se a gruta Casa de Pedra.

A etapa final de pesquisa, também em execução, consiste na observação geológica e levantamento de feições internas da caverna voltadas a subsidiar as interpretações sobre os processos formadores da caverna em suas diferentes fases evolutivas sob condições freáticas e vadasas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o objetivo de realizar o levantamento espeleométrico georreferenciado, foram estabeleci-

dos oito pontos de amarração materializados com plaquetas metálicas fixadas diretamente nas rochas com resina (Figura 2B).

Utilizando um receptor GPS geodésico foram determinadas as coordenadas para quatro desses pontos que se encontram em espaços abertos. Em todos os casos a coleta de dados foi realizada com um único receptor tipo L1/L2 com intervalo de registro de 1 segundo e tempo total de coleta maior a 60 minutos. O pós-processamento foi realizado com os arquivos de dados da base Sobral (CESB) da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), obtendo-se em todos os casos um desvio padrão inferior a 13 centímetros. As altitudes ortométricas foram calculadas utilizando uma ondulação geoidal de -10,98m obtida com o aplicativo MAPGEO2015 do IBGE. Os quatro pontos restantes, por estarem situados em locais com forte obstáculo para a recepção do sinal GPS, foram levantados com estação total, utilizando em todos os casos dois dos pontos previamente determinados com GPS para referenciar as medições. A tabela 1 resume todas as informações correspondentes aos oito pontos de amarração fixados na área da Gruta Casa de Pedra.

Tabela 1: Coordenadas dados de georreferenciamento dos pontos de amarração fixados na área da Gruta Casa de Pedra.

Georreferenciamento Gruta Casa de Pedra							
WGS84 - UTM 24sul - Datum Vertical: Imbituba-SC							
Ponto NOVO	Marca	Status	Easting	Northing	Altitude elipsoidal	Altitude ortométrica	Método de posicionamento
DG006	Plaqueta	confirmado	422020,221	9475508,36	411,90	422,88	Estação Total (c/ bases GPS)
DG007	Plaqueta	confirmado	422028,789	9475519,336	411,73	422,71	Estação Total (c/ bases GPS)
DG008	Plaqueta	confirmado	422023,954	9475524,774	412,41	423,39	Estação Total (c/ bases GPS)
DG010	Plaqueta	confirmado	421977,816	9475541,147	420,54	431,52	DGPS
DG011	Plaqueta	confirmado	422013,751	9475516,368	420,15	431,13	DGPS
DG013	Plaqueta	confirmado	421991,468	9475597,249	412,35	423,33	Estação Total (c/ bases GPS)
DG019	Plaqueta	confirmado	422054,199	9475552,133	411,59	422,57	DGPS
DG020	Plaqueta	confirmado	422057,855	9475596,971	411,78	422,76	DGPS

Medições estimativas realizadas na projeção horizontal da caverna indicam que a totalidade dos espaços abertos integraliza uma área de 2.200 m² e que o desenvolvimento linear dos diversos segmentos é maior que 850 m, sugerindo que a Casa de Pedra seja a maior gruta em mármore do estado do Ceará. A estimativa da área total de circulação foi calculada através da somatória de áreas circundadas em vermelho menos as delineadas em azul, enquanto o desenvolvimento linear foi calculado pela somatória dos segmentos verdes (Figura 4).

Muito embora estes cálculos precisem ser revistos conforme as normas de espeleometria nacional (SBE) e considerar as zonas de abatimento que separam os diferentes conjuntos de galerias; falta ainda, realizar o levantamento topográfico de outro conjunto de galerias descoberto na última etapa de campo, o qual será realizado no final do mês de abril.

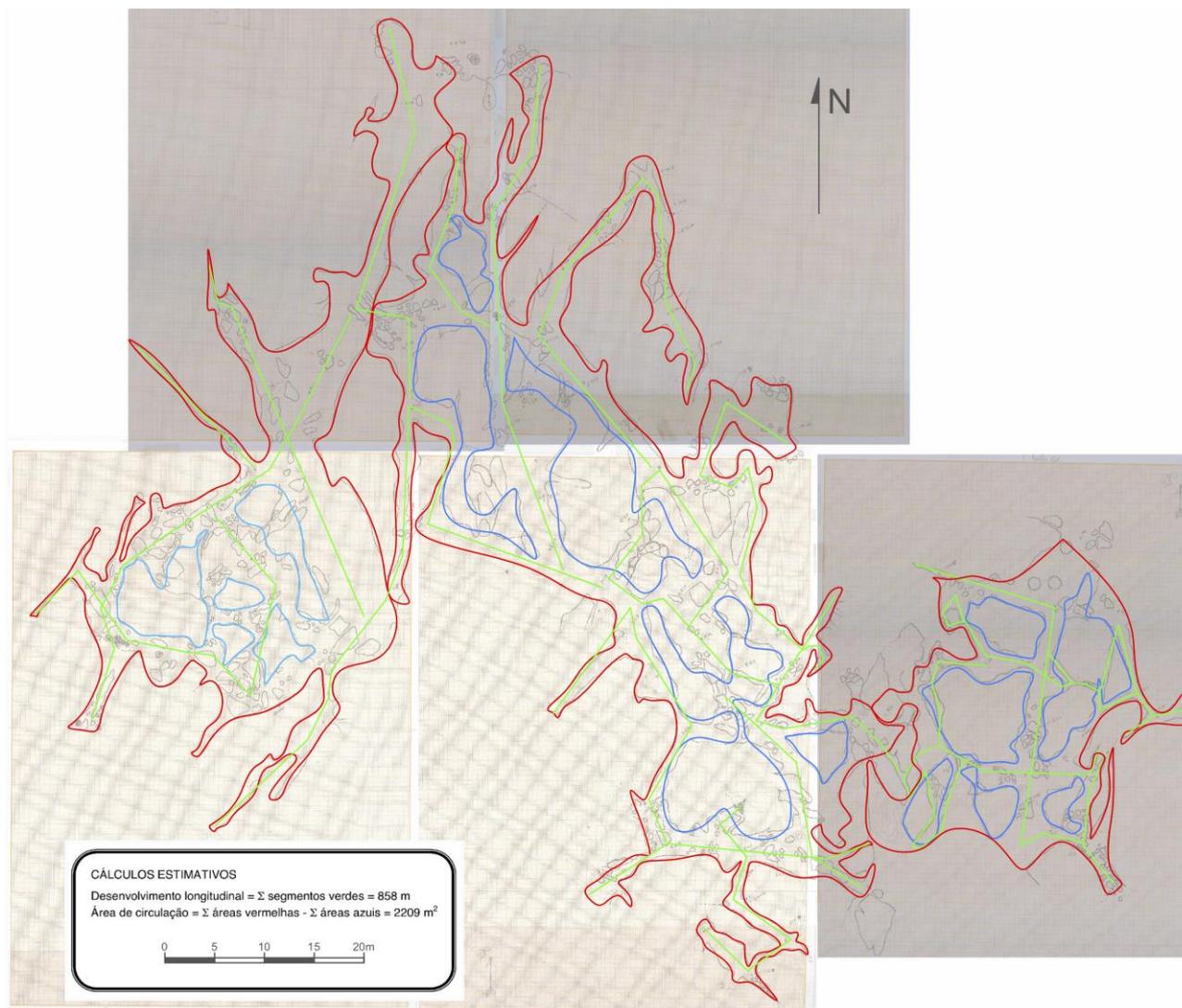


Figura 4: Ilustração das linhas de contorno interno da gruta Casa de Pedra (linha vermelha) e blocos maiores ou paredes (linha azul). Linha verde corresponde às distâncias lineares entre as estações topográficas fixas do levantamento espeleométrico.

O corpo de mármore onde se encontra a gruta é caracterizado por um conjunto de dobras deitadas, com dimensões de alguns metros a dezenas de metros. Estas dobras mesoscópicas são assimétricas de uma dobra maior que se estende para nordeste da área, fora dos domínios mapeados.

Nos afloramentos do entorno e no interior da caverna é possível reconhecer duas fases de deformação principais relacionadas a deformação brasiliana, materializadas por planos de foliação (Sn e Sn-1) os quais condicionaram a infiltração e

percolação das águas em condições freáticas e vadosas. A dissolução química acompanhou preferencialmente a região de charneira das dobras, os planos das foliações e as fraturas. Estas feições são evidenciadas preferencialmente no salão mais amplo da caverna (salão das dobras), mas encontram-se também em diversos setores e afloramentos que compõem o relevo cárstico, ressaltando a importância do controle exercido pelas estruturas geológicas nas fases iniciais de dissolução e percolação da água (Figura 5).

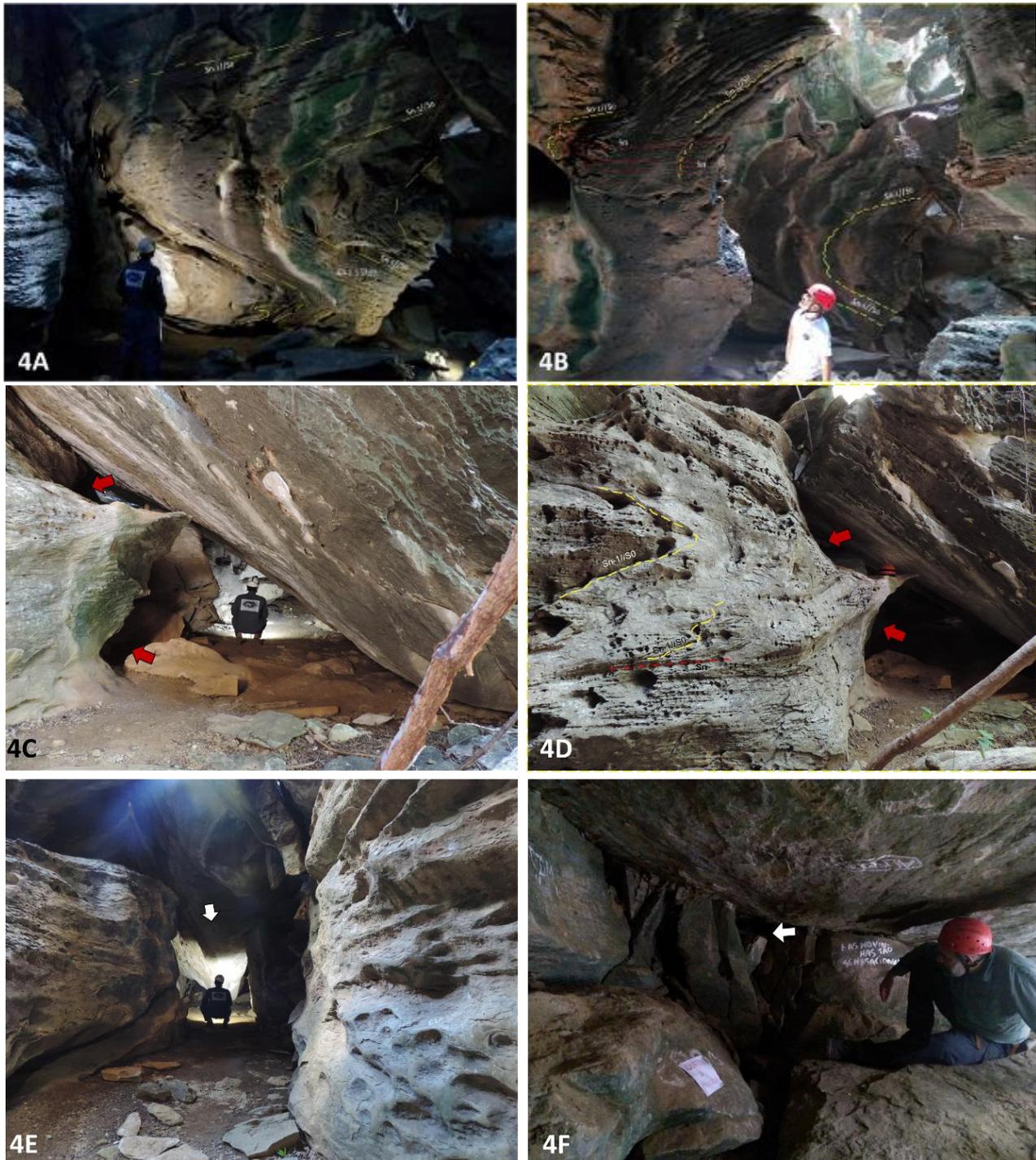


Figura 5: Salão das Dobras. **A e B:** Charneira de dobras recumbentes com destaque a superfície mais antiga Sn-1//S0 (linha tracejada amarela) transposta por foliação tectonometamórfica penetrativa Sn (linha traceja vermelha). Dissolução acompanha zonas de charneira e eixo das dobras. **C e D:** Galeria desenvolvida segundo eixo subhorizontal de dobra recumbente vista de lados opostos. Galeria conecta áreas semicirculares associadas a dolinas. **E e F.** Imagens tomadas no salão das dobras ilustrando galerias vadasas subverticais, sobrepondo feições freáticas subhorizontais que acompanham a zona de charneira e os eixos das dobras recumbentes desenvolvidas durante a orogênesse Brasileira.

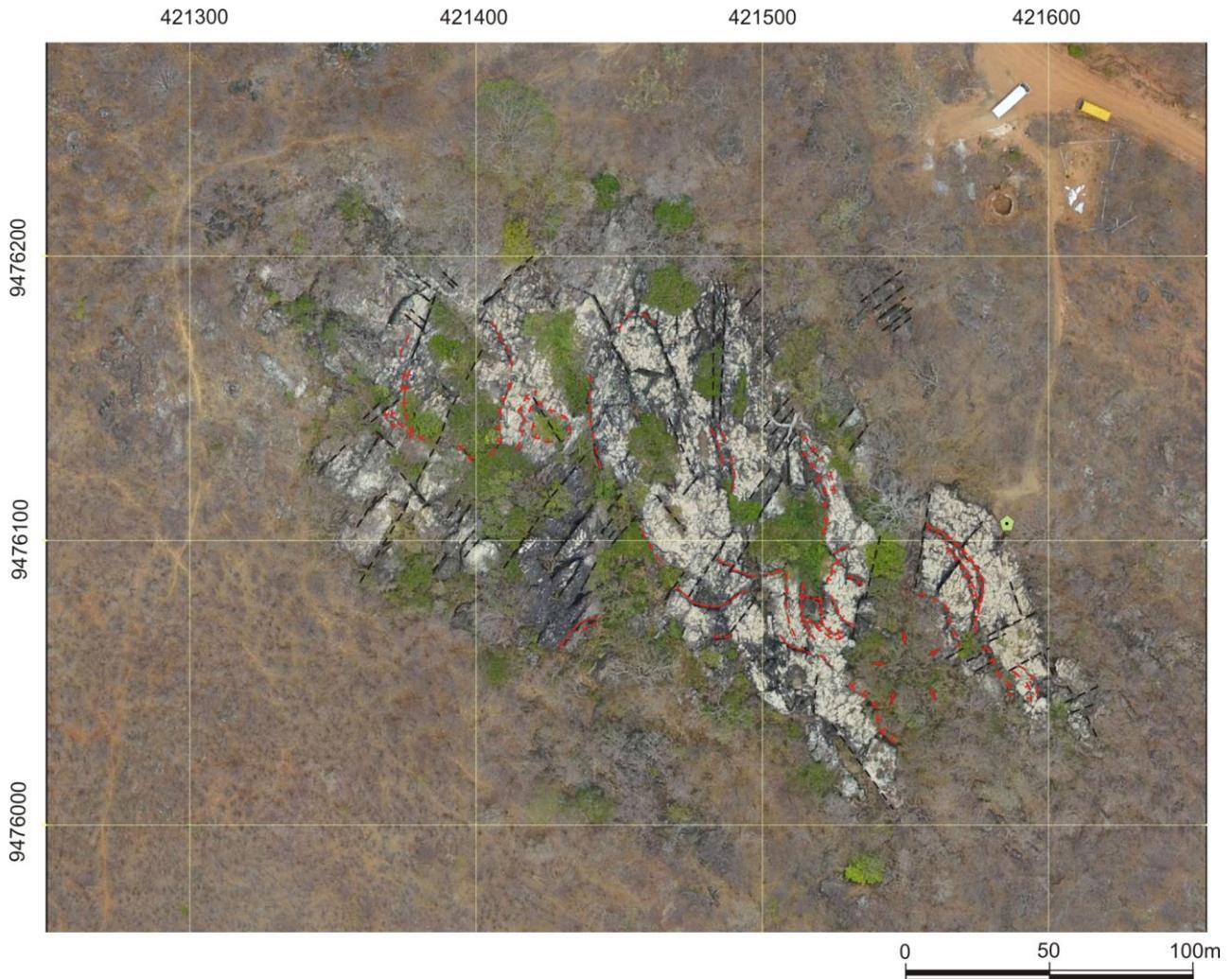


Figura 6: Imagem com drone adquirida sobre o inselbergue cárstico e gruta Casa de Pedra. Traços pretos retilíneos correspondem a juntas tectônicas e traços vermelhos curvos a juntas de tração. As setas em vermelho indicam direção de abatimento e fluxo concêntrico de água. Polígono verde a direita indica a entrada principal de caverna.

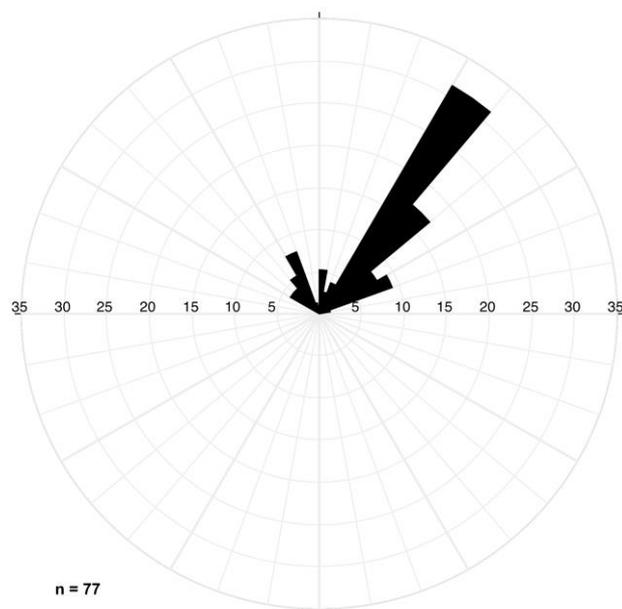


Figura 7: Diagrama de rosetas com frequência de juntas e orientação espacial, extraídas da imagem com drone da superfície do inselbergue cárstico.

Com relação às estruturas rúpteis presentes no entorno e na gruta Casa de Pedra, a análise e o tratamento estatístico dos dados estruturais mostram a predominância de descontinuidades segundo as direções NE-SW, seguidas de NW-SE e N-S. A imagem obtida com drone e o diagrama de rosetas ilustrados nas Figuras 6 e 7 mostram uma concentração máxima de direções de fraturas entre N30-40E. A persistência, a penetratividade e o agrupamento sistemático das descontinuidades em famílias com orientação preferencial sugerem corresponder a juntas tectônicas (traços pretos).

Além destas estruturas, ocorrem feições circulares, representadas por juntas de tração (traços vermelhos) ocasionadas pelo colapso e abatimento em subsuperfície, provavelmente relacionado a dissolução na base da camada de mármore ou no contato com a camada de xisto (Figura 6). No contexto geomorfológico atual, observa-se que o relevo predominantemente plano é localmente interrompido por pequenos morros e colinas dissecados, com altitudes locais próximas a cem metros. Os afloramentos de mármore e rochas calcissilicáticas, mais resistentes que os xistos ao redor, ressaltam na topografia local formando morros isolados que se erguem acima da superfície plana do terreno.

Embora pequeno em expressão, o relevo cárstico mostra evidências indicativas da atuação de um fluxo hidrológico misto na gênese da Gruta Casa de Pedra.

A assimetria suave do relevo em direção ao nível de base atual representado pelo rio Teotônio sugere a influência de fluxo alogênico controlado pelo mergulho dos planos de foliação no sentido sudoeste. Igualmente importante, o fluxo autogênico conduzido por processos de dissolução química e dolinamento em subsuperfície, no interior das lentes carbonáticas parece ter influenciado na abertura de espaços, no basculamento e, provavelmente, na remoção de blocos.

Os processos químicos de dissolução atual são limitados normalmente aos quatro meses chuvosos (fevereiro a maio) e consistem na ampliação de pequenas cavidades na superfície exposta da rocha (bacias de dissolução), formando elementos pontiagudos em suas bordas (lapiás) e incrustações de carbonato de cálcio depositado pelo escorrimento de água da chuva (Figura 8). No interior da caverna, ocorre a formação de espeleotemas do tipo coralóide constituídos predominantemente de calcita e gipsita (Figura 9).



Figura 8: Lapiás em sulcos (1), alveolares (2) e bacias (3) formadas a partir da dissolução química dos mármorees pela água da chuva. Observar a grande quantidade de fezes de caprino no interior das bacias.



Figura 9. Coralóides de calcita cobrindo paredes e teto da Gruta Casa de Pedra.

4. CONCLUSÕES

Levando em consideração que a Gruta de Ubajara, a maior caverna do Ceará encontra-se desenvolvida em calcários da Formação Frecheirinha (G. Ubajara) metamorfizados em baixo grau. Podemos considerar que as pesquisas realizadas no âmbito do projeto “Estudando e Conservando a Gruta da Casa de Pedra”, levaram a identificar e estudar muito provavelmente, a maior caverna em mármore (fácies anfíbolito) conhecida até o momento no estado.

A união de técnicas tradicionais de espeleometria combinada com a utilização de equipamentos topográficos de alta precisão tem permitido a geração de mapas e produtos cartográficos de qualidade além de servirem de subsídio para geração de modelo tridimensional da gruta Casa de Pedra previsto no projeto em execução.

Muito embora a porosidade do mármore seja normalmente muito baixa, dificultando a infiltração e circulação da água no sistema cárstico, as observações em andamento, indicam que

estruturas pretéritas existentes na rocha foram fundamentais na gênese da gruta Casa de Pedra.

Entre estas podemos citar: (1) estruturas dúcteis neoproterozóicas geradas durante o desenvolvimento das nappes vinculadas a orogênese Brasiliana (foliações tectono-metamórficas, eixos, dobras e planos axiais); (2) estruturas rúpteis formadas em níveis crustais mais rasos (juntas e fraturas); e (3) diferenças composicionais presentes no interior do próprio mármore e, especialmente, nas zonas de contato entre o mármore e os xistos associados.

Dentre os estudos propostos, para avançar no conhecimento espeleogenético da Gruta Casa de Pedra, destaca-se a execução de perfurações a

trado no solo para analisar, entre outros aspectos, profundidade até a rocha calcária, composição do solo, existência de vestígios arqueológicos e realizar datações geocronológicas.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Ministério Público Estadual, por meio do Fundo de Defesa dos Direitos Difusos do Estado do Ceará (FDID), pelo financiamento do projeto “Estudando e Conservando a Gruta da Casa de Pedra” junto ao Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará.

REFERÊNCIAS

- ARTHAUD, M.H.; **Evolução neoproterozóica do Grupo Ceará (Domínio Ceará Central, NE do Brasil): Da sedimentação à colisão continental brasileira.** 2007. 130f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- ARTHAUD, M.H., FUCK, R.A., DANTAS, E.L., SANTOS, T.J.S., CABY, R., ARMSTRONG, R., 2015. The Neoproterozoic Ceara Group, Ceara Central domain, NE Brazil: depositional age and provenance of detrital material. New insights from U-Pb and Sm–Nd geochronology. *J. South Am. Earth Sci.* 58, 223e237.
- CABY, R., ARTHAUD, M.H., 1986. Major precambrian nappes of the Brazilian belt, Ceara, northeast Brazil. *Geology* 14, 871-874.
- FETTER, A.H., SANTOS, T.J.S., VAN SCHMUS, W.R., HACKSPACHER, P.C., BRITO NEVES, B.B., ARTHAUD, M.H., NOGUEIRA NETO, J.A., WERNICK, E. 2003. Evidence for Neoproterozoic continental arc magmatism in the Santa Quitéria Batholith of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for the assembly of West Gondwana. *Gondwana Research*, 6(2):265-273.
- GONZÁLEZ CHIOZZA, S., VERISSIMO, C.U.V., BERNI, G.V., SANTOS, J.L., SILVA FILHO, W.F., BARBOSA, V.C., CARNIELLI, A.L., MOURA, P.E.F., MOURA, P., DEBAVELAERE, L.L.S. 2018. **Espeleometria e modelagem 3D da Gruta Casa de Pedra, Ceará.** 49º Congresso Brasileiro de Geologia. Rio de Janeiro.
- MOURA, P., SILVA FILHO, W.F., VERISSIMO, C.U.V., GONZÁLEZ CHIOZZA, S., BARBOSA, V.C., BERNI, G.V., CARNIELLI, A.L., MOURA, P.E.F., SANTOS, J.L., DEBAVELAERE, L.L.S. 2018. **Gruta Casa de Pedra como Patrimônio Geológico do Ceará: Identificando valores, ameaças e propostas de geoconservação.** 49º Congresso Brasileiro de Geologia. Rio de Janeiro.
- VERÍSSIMO, C.U.V., GONZÁLEZ CHIOZZA, S., CARNIELLI, A.L., SILVA FILHO, W.F., BERNI, G.V., SANTOS, J.L., BARBOSA, V.C., MOURA, P.E.F., MOURA, P., DEBAVELAERE, L.L.S. 2018. **Gruta Casa de Pedra: Condicionantes Estruturais e Aspectos Genéticos do Relevo Cárstico.** 49º Congresso Brasileiro de Geologia. Rio de Janeiro.