

Elementos para Geoconservação do Patrimônio Espeleológico do município de Pacujá, Ceará, Nordeste do Brasil

Daniel dos Reis Cavalcante

da Universidade Estadual do Ceará – Fortaleza – Ceará - Brasil
daniel.cavalcante@aluno.uece.br

Frederico de Holanda Bastos

da Universidade Estadual do Ceará – Fortaleza – Ceará - Brasil
fred.holanda@uece.br

Abner Monteiro Nunes Cordeiro

da Universidade Estadual do Ceará – Fortaleza – Ceará - Brasil
abnermncordeiro@gmail.com

Resumo: O município de Pacujá, localizado no setor noroeste do estado do Ceará, abriga um expressivo patrimônio espeleológico relacionado com os arenitos silurianos da Formação Ipú, além da ocorrência de icnofósseis e material arqueológico relevante. O presente trabalho propõe apresentar elementos capazes de contribuir para a geoconservação do patrimônio espeleológico do município de Pacujá. Para tanto, realizou-se a caracterização ambiental das cavernas e setores adjacentes que possam subsidiar tal conservação. O percurso metodológico contemplou a revisão bibliográfica e cartográfica, o processamento digital de imagens e os trabalhos de campo. Na área de estudo existem oito cavernas: Gruta do Cipó, Gruta do Desfiladeiro I e II, Gruta da Fogueira, Gruta das Jias, Gruta do Limão, Gruta dos Morcegos e Gruta do Pontal, situadas em um contexto morfoestrutural bastante didático para a interpretação da morfogênese regional.

Palavras-chave: cavernas; arenito; desenvolvimento; sustentável; geodiversidade.

Introdução

A geoconservação pode ser entendida como a conservação do patrimônio geológico e, conseqüentemente, da geodiversidade, que é representada pelo meio abiótico (SHARPLES, 2002; BRILHA, 2005; NASCIMENTO et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2013; MOREIRA, 2014). Vale ressaltar que a geodiversidade pode possuir valores atribuídos pela sociedade, por exemplo, algum apelo religioso ou cultural atribuído a uma determinada feição geológica e/ou geomorfológica que pode vir a potencializar sua conservação (FIGUEIREDO, 2010; PRICE; TRAVASSOS, 2016). Utiliza-se o termo Geodiversidade em alinhamento com Brilha (2005, p. 17), onde o autor referido cita a definição da Royal Society for Nature Conservation do Reino Unido sendo Geodiversidade a “*variedade de ambientes geológicos, fenômenos e*

processos ativos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que são suporte para a vida na Terra”.

No Brasil as cavernas e seus recursos naturais são explorados desde meados do século XVI, como no caso do guano para fabricação de pólvora (AULER; ZOGBI, 2005), o guano, segundo Travassos et al., (2015, p. 47), “*em carstologia e espeleologia, são os depósitos de fezes de morcegos encontrados no interior das cavernas*”. Essa exploração se dá de forma direta e indireta através de diferentes atividades, como, por exemplo, a exploração mineral de rochas carbonáticas, que se apresenta como a mais diretamente nociva (AULER; ZOGBI, 2005; LINO, 2009; FERREIRA, 2013).

O patrimônio espeleológico corresponde, basicamente, às cavernas e todos os elementos que estas abrigam, bem como o seu entorno, sendo tais elementos de cunho socioeconômico, arqueológico, paleontológico, ecossistêmico, hidrogeológico, dentre outros (BRASIL 2004; AULER; ZOGBI, 2005; LINO, 2009; HARDT, 2015). Dessa forma, tal patrimônio é marcado por uma vasta relação sistêmica interdisciplinar de difícil delimitação espacial (AB’SÁBER, 1979; SÁNCHEZ, 1992).

O carste e as cavernas são representantes da geodiversidade e, dependendo de suas potencialidades, podem ser enquadrados como patrimônio geológico, tendo como consequência a necessidade de sua proteção através de práticas atreladas à geoconservação (LOBO; BOGGIANI, 2013; RIBEIRO; TRAVASSOS, 2015).

Nessa perspectiva, o patrimônio espeleológico do município de Pacujá, situado na porção noroeste do Estado do Ceará, apresenta diversos fatores que podem subsidiar sua geoconservação, bem como a criação legal de uma Unidade de Conservação, entre esses fatores estão os elementos paleontológicos e arqueológicos, fauna cavernícola e silvestre, vegetação natural (caatinga e mata seca) em bom estado de conservação, além das próprias cavernas desenvolvidas nos arenitos da Formação Ipú (Ssgi) (CPRM, 2014).

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo destacar a necessidade da geoconservação do patrimônio espeleológico do município de Pacujá. Para tanto, será realizada uma caracterização das cavernas, bem como de outros elementos que possam subsidiar tal conservação.

Cabe aqui destacar a ausência de pesquisas na área objeto de estudo, onde pôde-se identificar apenas alguns trabalhos publicados por Ximenes (2005); Viana et al. (2010); Silva (2016).

Localização da área de estudo

A área de estudo está situada integralmente no município de Pacujá, Ceará, mais precisamente no setor sul, próximo aos limites municipais entre Graça, Reriutaba e Pacujá (Figura 01). O referido município possui área de 76,1 km², estando a uma distância aproximada de 305 km da capital do estado, Fortaleza.

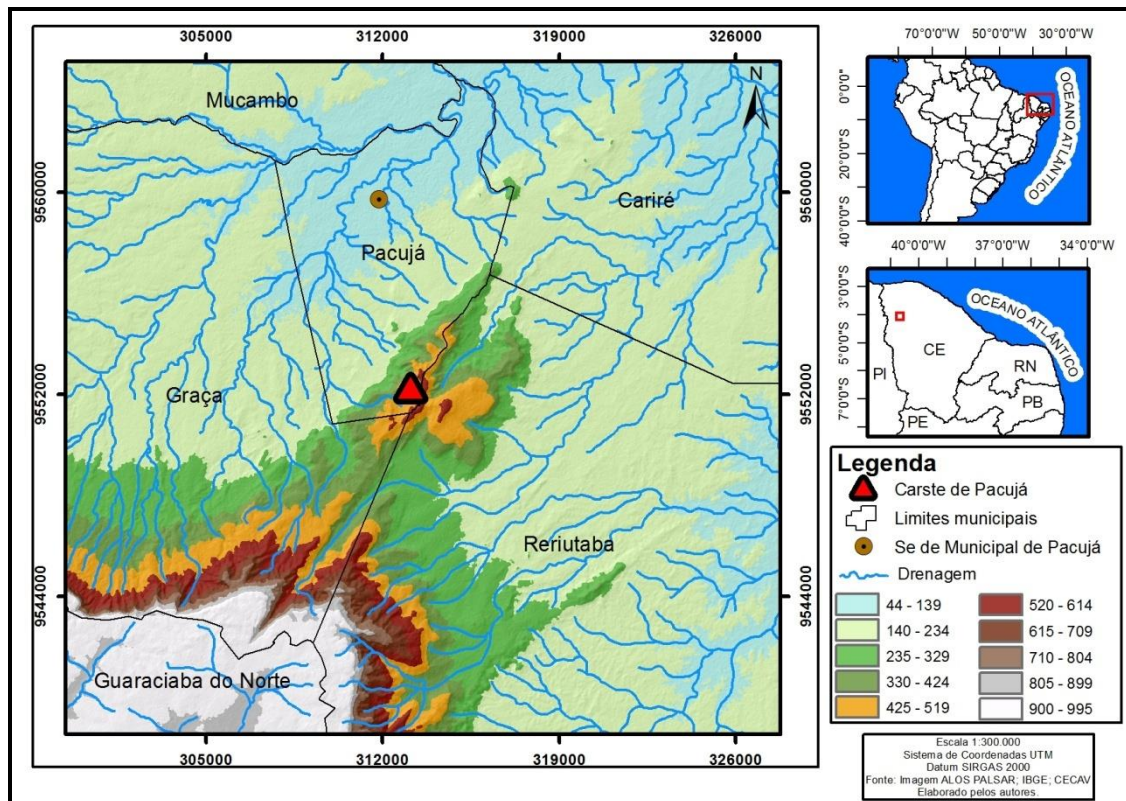


Figura 01 – Hipsometria e localização da área de estudo.

As cavernas se desenvolvem nas encostas de um planalto sedimentar, no caso, uma extensão do *glint* da Ibiapaba, constituído por arenitos silurianos do Grupo Serra Grande (Ssg) (CPRM, 2014). Essa área recebe o topônimo de Serrote da Bananeira, com níveis altimétricos médios em torno de 550 m e sentido NE-SW, apresentando-se como um importante interflúvio entre as bacias hidrográficas dos rios Jaibaras e Acaraú.

Nessa área, os totais pluviométricos anuais se aproximam dos 1.000 mm (CEARÁ, 2017), proporcionando ao município de Pacujá melhores condições ambientais edafoclimáticas do que as verificadas nos espaços sertanejos

circunvizinhos. Essa potencialidade se reflete também na vegetação, que se apresenta fechada (caatinga) e com alguns extratos arbóreos (mata seca).

Procedimentos metodológicos

Para a realização do presente trabalho se fez necessário dividir o mesmo em duas etapas diferentes: (1) levantamentos bibliográficos e cartográficos (base geológica e hipsométrica); e (2) reconhecimento de campo.

Os levantamentos bibliográficos viabilizaram uma detalhada revisão sobre temas, como, por exemplo, geoconservação (SHARPLES, 2002; BRILHA, 2005; NASCIMENTO et al., 2008; LOBO, BOGGIANI, 2013; OLIVEIRA et al., 2013; MOREIRA, 2014) e espeleologia (AB'SÁBER, 1979; SÁNCHEZ, 1992; BRASIL 2004; AULER; ZOGBI, 2005; LINO, 2009; FERREIRA, 2013; HARDT, 2015), permitindo correlacionar pesquisas clássicas e atuais na tentativa de realizar um trabalho mais completo. Esse levantamento bibliográfico foi precedido de reconhecimento de campo, que permitiu a identificação das cavernas.

A visita a campo foi realizada no mês de fevereiro de 2018, sendo visitados alguns setores do município de Pacujá, bem como a área de ocorrência das cavernas. Foram utilizados aparelho navegador GPS, trena a *laser*, trena manual, bússola e lanternas.

Para a elaboração do mapa hipsométrico e de localização foram utilizados arquivos vetoriais (IBGE, 2010; SRH, 2008), bem como imagens do satélite ALOS sensor PALSAR correspondentes à área de estudo datadas entre 09/11/2010 e 24/02/2011, estas imagens foram adquiridas no gratuitamente no endereço eletrônico *vertex.daac.asf.alaska.edu*. Já para a elaboração do mapa geológico utilizou-se a base cartográfica do Serviço Geológico do Brasil, sendo utilizadas as Folhas Ipú e Frecheirinha (CPRM, 2014), ambas na escala 1:100.000, todo o banco de dados utilizados na presente foi tratado no *software* QGIS 3.16.4.

Resultados e discussão

Considerações sobre as cavernas da área de estudo

As cavidades naturais subterrâneas possuem excepcional importância no que tange aos aspectos bióticos e abióticos, pois possuem uma dinâmica ecossistêmica

diferenciada, tendo em vista a pouca ou total ausência de luz dentro desses espaços, bem como na sua dinâmica natural, sendo necessários alguns fatores primordiais para sua plena evolução (AULER; ZOGBI, 2005; LINO, 2009). As cavernas do município de Pacujá também se encaixam nesse contexto, sendo necessária uma melhor abordagem a seu respeito.

As cavernas do município de Pacujá, apresentadas na tabela 01, ocorrem nas encostas de um planalto sedimentar, este apresentando-se como reflexos geomorfológicos da Formação Ipú, sujeita a deformações rúpteis associadas à falha Sobral-Pedro II (Figura 02). No total, há a ocorrência de oito cavernas: Gruta do Cipó, Gruta do Desfiladeiro I e II, Gruta da Fogueira, Gruta das Jias, Gruta do Limão, Gruta dos Morcegos e Gruta do Pontal (XIMENES, 2005), estando todas devidamente registradas no Cadastro Nacional de Cavernas (CNC), da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE) e no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE), vinculado ao Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV).

Tabela 01–Relação de cavernas presentes no município de Pacujá.

Nº	Nome	Coordenadas UTM/Zona 24M		Litologia	Altitude aproximada (m)	Desenvolvimento horizontal (m)
		X	Y			
01	Gruta dos Cipós	313068	9552283	Arenito	493	47
02	Gruta do Desfiladeiro I	313135	9552294	Arenito	499	34
03	Gruta do Desfiladeiro II	313291	9552272	Arenito	503	33
04	Gruta da Fogueira	313124	9552250	Arenito	501	24
05	Gruta das Jias	312991	9552194	Arenito	503	21
06	Gruta do Limão	313124	9552250	Arenito	501	32
07	Gruta dos Morcegos	312912	9552261	Arenito	415	53
08	Gruta do Pontal	313170	9551453	Arenito	534	68

Fonte: Ximenes, 2005; CNC, 2018; CECAV, 2018.

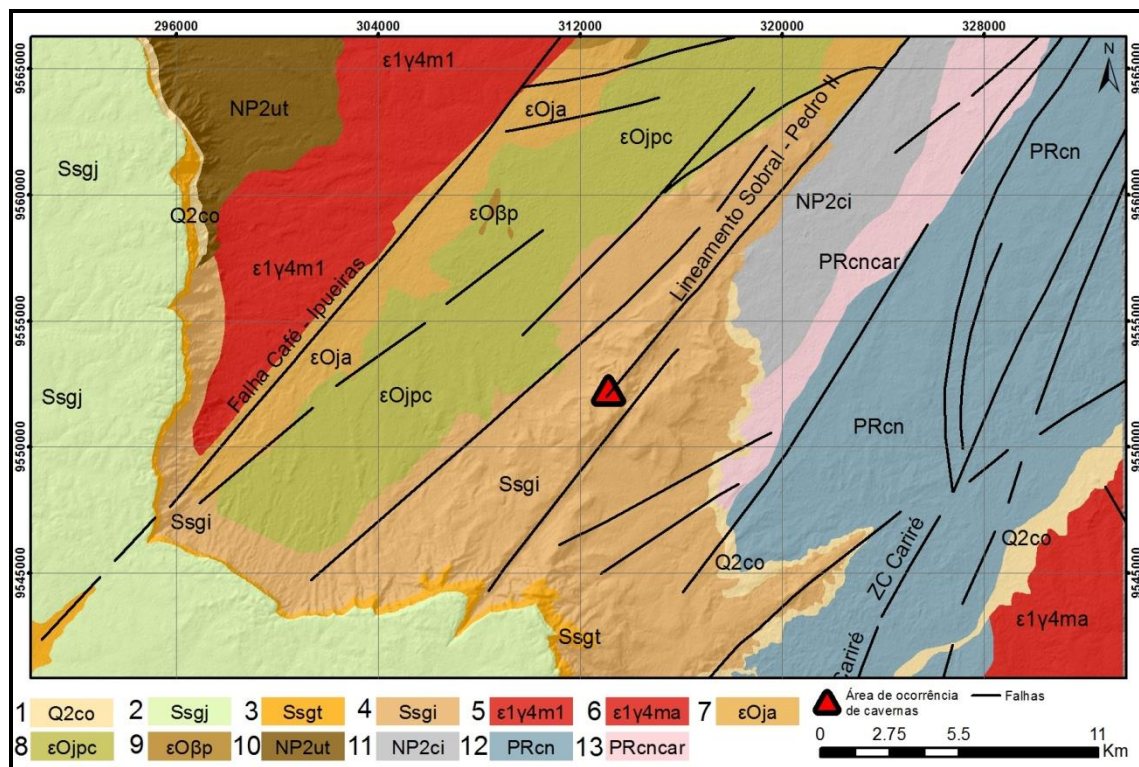


Figura 02 – Litologia da área de estudo e entorno. Legenda: 1. Depósitos coluvionares; 2. Formação Jaicós (arenitos finos a médios); 3. Formação Tianguá (arenitos finos a médios); 4. Formação Ipú (arenitos e conglomerados com matriz feldspática); 5. Granito Mucambo; 6. Granito Riacho Aroeiras; 7. Formação Aprazível (conglomerados); 8. Formação Pacujá (arenitos); 9. Formação Parapuí (basalto); 10. Formação Trapiá (metarenitos); 11. Unidade Independência (paragnaisses e ortognaisses); 12. Unidade Canindé (gnaisses); 13. Unidade Cariré (gnaisses). Elaborado pelos autores, 2018.

O relevo sedimentar (Serrote da Bananeira) se apresenta como um “promontório” de direção NE-SW, que se destaca diante do extenso escarpamento N-S do Planalto da Ibiapaba, com reflexo na disposição das cavidades naturais subterrâneas, como, por exemplo, as Grutas do Limão (Figura 03-A) e Fogueira que apresentam suas entradas dispostas na mesma orientação do serrote da Bananeira. Já no desenvolvimento dos salões da Gruta do Limão as direções variam, com predomínio da direção NW-SE. Tal fato pôde ser observado também na Gruta do Desfiladeiro I (Figura 03-B), onde a caverna apresenta forma, predominantemente, linear com desenvolvimento horizontal de 34 m. A Gruta do Desfiladeiro I apresenta morfologia de teto irregular e piso horizontalizado.



Figura 03 –(A) Salão na Gruta do Limão; (B) Gruta do Desfiladeiro I.
Credito das imagens: Autores

Pôde-se observar também a presença de espeleotemas na Gruta do Cipó (Figura 04), sendo tal ocorrência pouco comum em cavernas desenvolvidas em arenitos (SPOLADORE; COTTAS, 2007), tratam-se dos coralóides que são depósitos de calcita de superfície rugosa e porosa que cobrem paredes, pisos ou outros espeleotemas que são caracterizados por serem depósitos de águas de exsudação, ou seja, são formados pelas águas que circulam por capilaridade pelos vazios e poros das rochas (BIGARELLA et al., 2009; LINO, 2009; TRAVASSOS et al., 2015).



Figura 04 –Exemplos de coralóides desenvolvidos sobre rochas da Formação Ipú.
Credito das imagens: Autores

No que diz respeito à gênese das cavernas, acredita-se que um conjunto de fatores tenha sido responsável pelos processos de formação das cavidades naturais subterrâneas da área de estudo, sendo eles: gradiente hidráulico expressivo; clima úmido; deformação rúptil das rochas da Formação Ipú; petrografia da rocha; e abatimentos de blocos, de acordo com os planos de fraturas da estrutura.

O contexto morfoestrutural regional da área das cavernas está diretamente associado à presença do graben Jaibaras (BRASIL, 2003), que representa o lineamento Transbrasiliano (NE-SW), de idade Neoproterozoica, cuja reativação cretácea (SZATMARI et al, 1987; DESTRO et al, 1994) justificou deformações rúpteis no arenito da Formação Ipú que possuem estreita relação com as cavidades naturais atuais.

Após as reativações cretáceas, a evolução morfológica regional foi fortemente influenciada por erosão diferencial. Nessa perspectiva, a resistência do arenito da Formação Ipú justifica o sobressalto topográfico atual e, conseqüentemente, os expressivos declives das encostas da área de estudo, associados ao contato do arenito com o embasamento cristalino rebaixado por denudação.

O gradiente hidráulico, bem como o clima úmido já são bastante citados na literatura como fatores primordiais para o desenvolvimento do carste, conseqüentemente das cavernas (THORNBURY, 1960; CHRISTOFOLETTI, 1980; KARMANN; SÁNCHEZ, 1979; KARMANN, 2000; PILÓ, 2000; FORD; WILLIAMS, 2007; BIGARELLA et al., 2009; SUGUIO, 2010).

O papel da porosidade secundária é destacado em outras áreas de ocorrências de cavernas, sendo que tais ocorrências podem acontecer tanto em rochas carbonáticas quanto em rochas siliciclásticas (GALAN, 1991; CORRÊA NETO; BAPTISTA FILHO, 1997; WRAY, 1997; MELO, et al., 2011; MAIA et al., 2012; FABRI et al., 2014; CARNEIRO et al., 2015).

Em relação à deformação rúptil dos arenitos da Formação Ipú (Ssgi), os setores das cavernas apresentam alto grau de porosidade secundária (CPRM, 2014). Nessas rochas as deformações rúpteis fornecem planos preferenciais para a circulação hídrica endógena, permitindo também maior tempo de contato da água com a rocha. Nessa perspectiva, constata-se que tais cavidades naturais se apresentam diretamente relacionadas com as zonas de fraturamento, bem como aos planos estruturais horizontais a sub-horizontais dos arenitos, constituindo, preferencialmente, alargamentos de fraturas por dissolução química e posterior abatimento de blocos. Vale ressaltar que a presença da porosidade primária, típicas dos arenitos, se mostra bastante eficiente na dissolução intragranular (GALAN, 1991; WRAY, 1997; WRAY; SAURO, 2017).

No que tange aos aspectos petrográficos, os arenitos da Formação Ipú têm papel significativo no desenvolvimento das cavernas em questão, sendo compostos

por arenitos e conglomerados polimíticos de seixos de quartzo, ardósias e quartzitos, e tendo uma matriz feldspática (CPRM, 2014).

O feldspato apresenta-se como um mineral instável em relação ao intemperismo químico (SUGUIO, 1980; GALAN, 1991), sendo assim a dissolução da matriz da rocha torna a estrutura bastante friável, tal processo é denominado de arenização (GALAN, 1991; WRAY, 1997; FABRI et al., 2014; WRAY; SAURO, 2017). Essa característica associada ao processo de *pipping*, que é a remoção do material friável pelo processo de percolação hídrica na estrutura (GALAN, 1991; WRAY, 1997; FABRI, et al., 2014), são os principais responsáveis pela formação das cavernas da área de estudo. Tais processos, diferentemente de regiões cársticas carbonáticas, geram grande quantidade de resíduos, o que também pôde ser verificado nas cavernas (Figura 05).

Percebe-se também expressiva quantidade de blocos de rochas abatidos dentro das cavidades, tal processo, certamente, tem papel fundamental na abertura de vazios dentro da estrutura da rocha, gerando também formas arestadas e abruptas. O processo de colapso de blocos rochosos e, conseqüentemente, de formação das cavernas foi observado também em diferentes áreas onde há desenvolvimento de cavidades em rochas tais como arenito e quartzito (SPOLADORE; COTTAS, 2005; ROBAINA; BAZZAN, 2008; BENTO et al., 2015).

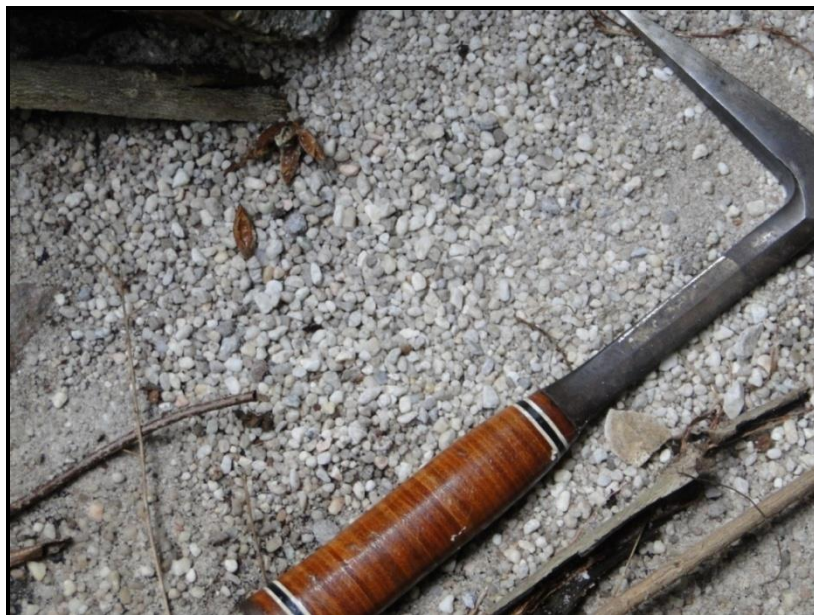


Figura 05 –Expressiva quantidade de sedimentos na Gruta do Limão.
Credito das imagens: Autores

Essa conjuntura genética das cavernas em questão também ocorre em outras áreas do Brasil, como, por exemplo, na Amazônia brasileira (PINHEIRO et al., 2015;

FREIRE et al. 2017), no estado do Tocantins (MORAIS; ROCHA, 2011) e, na região sul e sudeste do Brasil (CORRÊA NETO; BAPTISTA FILHO, 1997; ROBAINA; BAZZAN, 2008; FABRI; AUGUSTIN, 2013).

Elementos para subsidiar na geoconservação das cavernas da área de estudo

O patrimônio espeleológico, por si só, já justifica articulações na tentativa de sua conservação. No entanto, a presença de icnofósseis no entorno das áreas de ocorrência das cavernas no município de Pacujá, bem como os achados arqueológicos podem subsidiar a geoconservação da área como um todo. Estes fósseis representam evidências de atividades de antigos seres vivos, como, por exemplo, pegadas, perfurações, pistas, dentre outros (IBGE, 1999).

Viana et al. (2010) identificaram diferentes tipos de icnofósseis (Figura 06-A) no Serrote da Bananeira, em Pacujá, sendo que estes foram gerados provavelmente por alguns tipos de anelídeos, fornídeos, crustáceos e organismos vermiformes. Tais icnofósseis possuem importância como elementos auxiliares nas reconstituições e interpretações paleoambientais, nesse caso específico, acredita-se que os icnofósseis foram gerados parte em ambientes litorâneos e parte em ambientes estuarinos (VIANA et al., 2010).

O potencial arqueológico da área também merece destaque, conforme pode ser constatado no acervo presente no museu do município de Pacujá. No museu encontram-se diversos materiais líticos, bem como amostras de rochas, icnofósseis e outros (Figura 06-B).

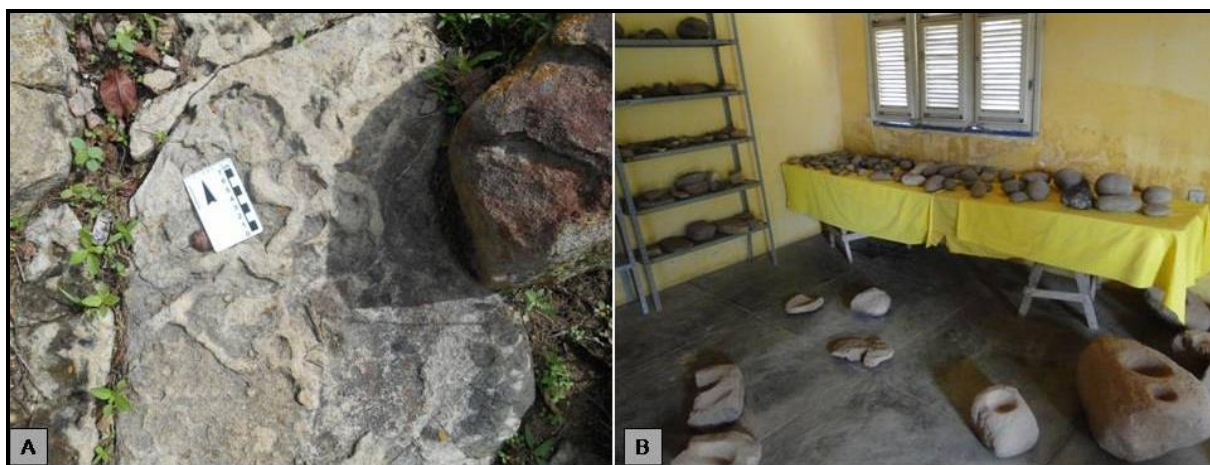


Figura 06–(A) Exemplo de icnofóssil nas rochas da Formação Ipú; (B) Artefatos arqueológicos do museu municipal de Pacujá.

Credito das imagens: Autores

Afora os elementos abióticos, pode se destacar a fauna cavernícola presente nas cavernas de Pacujá, onde foram identificados alguns troglóxenos, que são animais comumente encontrados no ambiente cavernícola, mas que precisam retornar ao meio externo para completar seu ciclo vital, bem como troglófilos, que são capazes de completar seu ciclo vital tanto no meio subterrâneo como no meio epígeo (TRAJANO; BICHUETTE, 2006; LINO, 2009). Entre os troglóxenos e os troglóbios encontrados destacam-se os morcegos pela expressiva quantidade, no entanto, pôde-se observar também alguns grilos e aranhas.

Além dos aspectos apresentados, o contexto geomorfológico da área também merece destaque em termos de potencial para a geoconservação, tendo em vista se apresentar através de escarpamentos com cursos fluviais obsequentes, formando cachoeiras verticalizadas, demarcando nítidos *knickpoints* entres diferentes superfícies erosivas. Nessa perspectiva, destaca-se o didático potencial paisagístico em termos de observação de diferentes unidades morfoestruturais regionais.

Considerações finais

A área do serrote da Bananeira, que corresponde ao setor de ocorrência das cavernas, possui um contingente de geodiversidade bastante expressivo. Esses conjuntos são expressivos, sobretudo, pelo patrimônio espeleológico local, mas também pelo potencial paleontológico representado pelos icnofósseis, bem como pelos achados arqueológicos da área.

Este potencial pode ser melhor aproveitado no desenvolvimento de pesquisas científicas, espeleoturismo, ecoturismo e no processo educativo interdisciplinar. Dessa forma, o patrimônio espeleológico e paleontológico do município de Pacujá se apresenta como um excepcional ponto para o desenvolvimento de estratégias ambientalmente adequadas na promoção do desenvolvimento socioeconômico sustentável do município, podendo gerar receitas importantes para o fragilizado contexto socioeconômico municipal, que apresenta IDH médio (0,621).

De forma mais aplicada e através da análise do potencial da área em questão, pôde-se perceber que esta possui vocação/potencial para criação/instalação de uma Unidade de Conservação, municipal ou estadual, de proteção integral, com destaque para a categoria Monumento Natural que, de acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação é a que mais se adéqua à conservação de patrimônios naturais dessa natureza.

Elements for Geoconservation of the Speleological Heritage of Pacujá town, Ceará, Northeast of Brazil

Abstract: Pacujá town, located in the northwestern Ceará state, shelters an expressive caving heritage related to the Silurian sandstones of the Ipú Formation, besides the occurrence of ichnofossils and relevant archaeological material. This work aims to present elements capable of contributing to the geoconservation of the speleological patrimony of Pacujá town. Thus, the caves environmental characterization and the adjacent sectors which could subsidize such conservation were carried out. The methodological path covered bibliographical and cartographic review, digital image processing and field work. In the study area, eight caves were identified: Vine Cave, Canyon Cave I and II, Fire Cave, Frogs Cave, Lemon Cave, Bats Cave and Pontal Cave, located in a very didactic morphostructural context for the interpretation of regional morphogenesis.

Keywords: sandstone, caves, sustainable, development, Geodiversity.

Elementos para Geoconservação del Patrimonio Espeleológico del municipio de Pacujá, Ceará, Nordeste del Brasil

Résumé: El municipio de Pacujá, ubicado en el sector noroeste del estado de Ceará, abriga un expresivo patrimonio espeleológico relacionado con las areniscas silurianos de la Formación Ipú, além del ocurrido de icnofósiles y material arqueológico relevante. El presente trabajo propone presentar elementos capaces de contribuir para la geoconservación del patrimonio espeleológico del municipio de Pacujá. Para eso, se realizo la caracterización ambiental de las cavernas y sectores adyacentes que puedan subsidiar tal conservación. El recorrido metodológico contemplo el repaso bibliográfico y cartográfico, el procesamiento digital de imágenes y los trabajos de campo. En el área de estudio fueron identificadas ocho cavernas: Gruta del Cipó, Gruta del Desfiladero I y II, Gruta de la Hoguera, Gruta de las Jias, Gruta del Limón, Gruta de los Murciélagos y Gruta del Puntal, situadas en un contexto morfoestructural muy didáctico para la interpretación de la morfogénesis regional.

Palabras-claves: cavernas, areniscas, desarrollo, sostenible, geodiversidad.

Referências

AB'SÁBER, A. N. Geomorfologia e Espeleologia. **Epeleo-Tema**, Campinas, n. 12, p. 24-31, 1979.

AULER, A.; ZOGBI, L. **Espeleologia: noções básicas**. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2005.103p.

BENTO, L. C. M.; TRAVASSOS, L. E. P.; RODRIGUES, S. C. Considerações sobre as cavernas quartzíticas do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 16, n. 54, p. 125-139, 2015.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R.D.; SANTOS, G.F. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. v. 1. 2. ed. Florianópolis: UFSC, 2009.425p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 347 de 10 de setembro de 2004**. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/stories/downloads/Legislacao/Res_CONAMA_347_2004.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2019.

BRILHA, J. B. **Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. Braga: Palimage, 2005. 190p.

CARNEIRO, M. A.; BEZERRA, F. H. R.; SILVA, C. C. N.; MAIA, R. P.; CAZARIN, C. L. Controle estrutural do sistema cárstico epigenético na Formação Jandaíra, Bacia Potiguar. **Geociências**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 199-209, 2015.

CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal de Pacujá**. IPECE: Fortaleza, 2017. p. 17.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Blucher, 1980.188p.

CORRÊA NETO, A. V.; BAPTISTA FILHO, J. Espeleogênese em quartzitos da serra do Ibitipoca, sudeste de Minas Gerais. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 20, p. 75-87, 1997.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Folha Ipú SB. 24-V-A-III**. Mapa na escala 1:100.000. Ministério de Minas e Energia, Fortaleza, 2014.

_____.Serviço Geológico do Brasil. **Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará**. Mapa na escala 1:500.000. Ministério das Minas e Energia. Fortaleza, 2003.

DESTRO, N.; SZATMARI, P.; LADEIRA, E. Post-Devonian transpositional reactivation of a Proterozoic ductile shear zone in Ceará, NE Brazil. **Journal of Structural Geology**, v. 16, n. 1, p. 35-45, 1994.

FABRI, F. P.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Fatores e processos envolvidos no desenvolvimento de formas cársticas em rochas siliciclásticas em Minas Gerais, Brasil. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 82-96, 2013.

FABRI, F.; AUGUSTIN, C. H. R. R.; AULER, A. S. Relevo cárstico em rochas siliciclásticas: uma revisão com base na literatura. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 339-351, 2014.

FERREIRA, C. F. Análise de impactos ambientais em terrenos cársticos e cavernas. In: **IV Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), 2013. p. 123-148.

FIGUEIREDO, L. A. V. **Cavernas como paisagens racionais e simbólicas**: imaginário coletivo, narrativas visuais e representações da paisagem e das práticas espeleológicas. 2010. 466 f.Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

FORD, D.; WILLIAMS, P. **KarstHydrogeologyAndGeomorphology**. John Wiley& Sons, 2007.576p.

FREIRE, L. M.; LIMA, J. S.; VERÍSSIMO, C. U. V.; SILVA, E. V. Carste em Rochas Não Carbonáticas: contribuição ao estudo geomorfológico em cavernas de arenito da Amazônia Paraense. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 6, p. 1829-1845, 2017.

GALAN, C. Disolución y Génesis delkarsten rocas carbonáticas y rocas silíceas: um estudio comparado. **Munibe**, v. 43, p. 43-72, 1991.

HARDT, R. Breve inventário do patrimônio espeleológico. In: RUCHKYS, U. A.; TRAVASSOS, L. E. P.; RASTEIRO, M. A.; FARIA, L. E. (Orgs.). **Patrimônio espeleológico em rochas ferruginosas**: proposta para sua conservação no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais. Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2015. p. 44-55.

IBGE. **Glossário geológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1999. 214p.

KARMANN, I. Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs.). **Decifrando a terra**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2000. p. 113-138.

KARMANN, I.; SÁNCHEZ, L. E. Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil. **Espeleo-Tema**, Campinas, n. 13, p. 105-167, 1979.

LINO, C. F. **Cavernas**: o fascinante Brasil subterrâneo. 2. ed. São Paulo: Gaia, 2009. 288p.

LOBO, H. A. S.; BOGGIANI, P. C. Cavernas como patrimônio geológico. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 70, n. 2, p. 190-199, 2013.

MAIA, R. P.; SOUSA, M. O. L.; BEZERRA, F. H. R.; XAVIER NETO, P.; LIMA, E. N. M.; SILVA, C. C. N.; SANTOS, R. D. A importância do controle tectônico para a formação da paisagem cárstica na bacia Potiguar, nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 13, n. 4, p. 451-463, 2012.

MELO, M. S.; GUIMARÃES, G. B.; PONTES, H. S.; MASSUQUETO, L. L.; FIGURIM, I.; BAGATIM, H. Q.; GIANNINI, P. C. F. Carste em rochas não-carbonáticas: o exemplo dos arenitos da Formação Furnas, Campos Gerais do Paraná/Brasil e as implicações para a região. **Espeleo-Tema**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 81-97, 2011.

MORAIS, F.; ROCHA, S. Cavernas em arenito no Planalto residual do Tocantins. **Espeleo-Tema**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 127-137, 2011.

MOREIRA, J. C. **Geoturismo e interpretação ambiental**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2014. 157p.

NASCIMENTO, M. A. L.; RUCHKYS, U. A.; MANTESSO NETO, V. **Geodiversidade, geoconservação e geoturismo**: trinômio importante para a proteção do patrimônio geológico. Sociedade Brasileira de Geologia, 2008. 84p.

OLIVEIRA, P. C. A.; PEDROSA, A. S.; RODRIGUES, S. C. Uma abordagem inicial sobre os conceitos de geodiversidade, geoconservação e patrimônio geomorfológico. **Revista Ra'eGa**, Curitiba, v. 29, p. 92-114, 2013.

PILÓ, L. B. Geomorfologia cárstica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 88-102. 2000.

PINHEIRO, R. V. L.; MAURITY, C. W.; PEREIRA, E. Cavernas em arenito na província espeleológica Altamira-Itaituba: dados espeleogenéticos com base no exemplo da gruta das Mãos (PA), Amazônia, Brasil. **Espeleo-Tema**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 5-18, 2015.

PRICE, L.; TRAVASSOS, L. E. P. Uso religioso de cavernas no sudeste Asiático e China: a paisagem cárstica sob outra perspectiva. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 10, n. 3, p. 129-154, 2016.

RIBEIRO, W. C.; TRAVASSOS, L. E. P. Educação ambiental no carste em Minas Gerais: possibilidades de ensino e aprendizagem sobre o patrimônio geológico. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 126-148, 2015.

ROBAINA, L. E. S. Feições cársticas em rochas siliciclásticas no oeste do Estado do Rio Grande do Sul – Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 53-64, 2008.

SÁNCHEZ, L. E. O sistema, unidade lógica de referência dos estudos espeleológicos. **Espeleo-Tema**, Campinas, v. 16, p. 3-14, 1992.

SHARPLES, C. **Concepts and Principles of Geoconservation**. Tasmanian Parks & Wildlife Service, 2002. 79p.

SILVA, A. B. **Serrinha: Valor Patrimonial, Musealização e Conservação**. 2016. 143 f. Dissertação (Mestrado em Museologia, Patrimônio e Desenvolvimento Sustentável) – Faculdade de Museologia e Patrimônio -Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

SPOLADORE, A.; COTTAS, L. R. Ornamentos de cavernas areníticas. In: XXIX Congresso Brasileiro de Espeleologia, 2007, Ouro Preto. **Anais...** Campinas: SBE, 2007. p. 289-295.

_____. A gruta do portão de cima e a gruta do portão de baixo: duas cavernas areníticas no município de Sengés – PR. **Geografia**, Londrina, v. 14, n. 2, p. 71-83, 2005.

SUGUIO, K. **Geologia do quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.408p.

SUGUIO, K. **Rochas sedimentares: propriedades, gênese, importância econômica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.500p.

SZATMARI, P.; FRANÇOLIN, J. B. L.; ZANOTTO, O.; WOLF, S. Evolução tectônica da margem equatorial brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 17, n. 1, p. 180-188, 1987.

THORNBURY, W. D. **Principios de geomorfología**. Buenos Aires: Kapelusz, 1960.

TRAJANO, E.; BICHUETTE, M. E. **Biologia subterrânea: introdução**. São Paulo: Redespeleo, 2006. 92p.

TRAVASSOS, L. E. P.; RODRIGUES, B. D.; TIMO, M. B. **Glossário conciso e ilustrado de termos cársticos e espeleológicos**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2015. 65p.

VIANA, M. S. S.; OLIVEIRA, P. V.; SOUSA, M. J. G.; BARROSO, F. R. G.; VASCONCELOS, V. A.; MELO, R. M.; LIMA, T. A.; OLIVEIRA, G. C.; CHAVES, A. P. P. Ocorrências Icnofossilíferas do Grupo Serra Grande (Siluriano da Bacia do

Parnaíba), Noroeste de Estado do Ceará. **Revista de Geologia**, Fortaleza, v. 23, n. 1, p. 77-89, 2010.

WRAY, R. A. L. Quartzitedissolution: karstorpseudokarst?. **Cave and Karst Science**, v. 24, n. 2, p. 81-86, 1997.

WRAY, R. A. L.; SAURO, F. An updated global review of solutional weathering processes and forms in quartz sandstone and quartzites. **Earth-Science Reviews**, v. 171, p. 520-557, 2017.

XIMENES, C. L. Cavernas areníticas de Pacujá, Ceará. **InformAtivo SBE - Sociedade Brasileira de Espeleologia**, n. 90, p.12-13, jan./abr. 2005.

Sobre os autores

Daniel dos Reis Cavalcante - Graduado em Geografia e especialista em geoprocessamento pela Universidade Estadual do Ceará - UECE. Mestre em Geografia Física pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da UECE - ProPGeo.

Frederico de Holanda Bastos – Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Ceará. Professor Adjunto dos Cursos de Geografia da UECE e Docente Permanente e Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Geografia (ProPGeo/UECE).

Abner Monteiro Nunes Cordeiro – Doutor em geografia pela Universidade Estadual do Ceará. Professor da rede municipal de ensino de Maranguape, Ceará.

Recebido para avaliação em setembro de 2021.

Aceito para publicação em março de 2022.