



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:

CORDEIRO, A.M.N.; CAVALCANTE, D.R.; BASTOS, F.H. Feições cársticas em metacalcários da Formação Farias Brito, sertão meridional do Ceará, Brasil. In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, 2019. Bonito. *Anais...* Campinas: SBE, 2019. p.99-108. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais35cbe/35cbe_099-108.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

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

FEIÇÕES CÁRSTICAS EM METACALCÁRIO DA FORMAÇÃO FARIAS BRITO, SERTÃO MERIDIONAL DO CEARÁ, BRASIL

KARST IN LIMESTONE OF THE FARIAS BRITO FORMATION, SOUTH OF CEARÁ, BRAZIL

Abner Monteiro Nunes CORDEIRO (1); Daniel dos Reis CAVALCANTE (2); Frederico de Holanda BASTOS (3)

- (1) Pós-doutorando/Universidade Estadual do Ceará.
- (2) Mestrando em Geografia/Universidade Estadual do Ceará.
- (3) Professor Adjunto/Universidade Estadual do Ceará.

Contatos: abnermncordeiro@gmail.com; daniel_reisc1@hotmail.com; fred.holanda@uece.br.

Resumo

O presente trabalho tem como cenário de estudo a mesorregião sul do Estado do Ceará, especificamente, a área situada entre os municípios de Altaneira e Farias Brito, onde uma sequência de cristas residuais carbonáticas exibem formas típicas de paisagens cársticas, e teve como principal objetivo identificar e analisar as formas cársticas superficiais, típicas de processos de dissolução química e corrosão, de maneira a contribuir com os estudos geomorfológicos do Nordeste brasileiro. Esse trabalho nos permitiu concluir que mesmo dentro de uma mesma unidade litológica como o metacalcário, as variações faciológicas internas podem resultar em feições distintas de acordo com as características mineralógicas e texturais da rocha, assim como do grau de fraturamento. O percurso metodológico contemplou a revisão bibliográfica e cartográfica, o processamento digital de imagens e os trabalhos de campo.

Palavras-Chave: formas cársticas; processo de dissolução; cristas residuais; semiárido brasileiro.

Abstract

*The present work analyzes a sector of the southern mesoregion of the state of Ceará, located between the municipalities of Altaneira and Farias Brito, where a sequence of residual carbonatic crests show typical forms of karst landscapes. Its main objective is to identify and analyze the superficial karstic forms, typical of chemical dissolution processes, contributing to studies of karstic geomorphology for the Brazilian Northeast. This work allowed us to conclude that even within the same lithological unit of metamorphic limestone, internal faciological variations can result in distinct features, such as *lapiés*, *kamenitzes*, *pinnacles* and *boulders*, according to the mineralogical and textural characteristics of the rock, and the fracture characteristics. The methodology included bibliographic and cartographic review, digital image processing and field work.*

Keywords: *exokarstic forms; dissolution process; carbonatic crests; brazilian semi-arid.*

1. INTRODUÇÃO

O relevo cárstico é particularmente associado a rochas calcárias, podendo se referir também a paisagens similares elaboradas em outras rochas, carbonáticas ou siliciclásticas, como o arenito e quartzito (AULER; ZOGBI, 2005; FORD; WILLIAN, 2007). Nesse cenário, o modelado apresenta uma morfologia específica (dolinas, paredões, *lapiés*, *poljes*, entre outras), como também uma drenagem predominantemente subterrânea. Essas características estão associadas ao processo de dissolução da rocha; sistemas de falhas e fraturas, formados, geralmente pós-diágnese; condições climáticas úmidas; e gradientes topográficos favoráveis à intensificação da ação hídrica (PILÓ, 2000; PENTEADO, 1983; THORNBURY, 1966).

O carste residual superficial (exocarste), objeto de estudo do presente trabalho, constituído por remanescentes rochosos dos processos de dissolução, pode apresentar *lapiés/lapiás* (*karren*) que correspondem a sulcos (caneluras), bacias ou saliências irregulares de reduzidas dimensões (*kamenitzas*), alvéolos (*grubchenkarrenou deckenkarren*) e ninhos ou favos de abelha (*honeycomb*) (FORD; LUNDBERG, 1987; RODRIGUES, 2012). Outras feições cársticas superficiais podem ser destacadas, como, por exemplo, as dolinas, uvalas, os *poljes* e os cones ou tores, gerados pela dissolução da rocha (AULER et al., 2005). As feições superficiais e subterrâneas que compõem o ambiente cárstico foram geradas, em sua maior parte, durante o Quaternário (~1,6 Ma) (PILÓ, 2000).

As regiões desenvolvidas em rochas carbonáticas perfazem cerca de 10 a 15% da superfície terrestre (FORD; WILLIAMS, 2007). No Brasil, os relevos cársticos ocupam uma área relativamente reduzida, concentrando-se na região central do país e estando representados, em sua maior parte, por carbonatos pré-cambrianos (calcário e dolomito), essencialmente, sub-horizontalizados e submetidos à influência de clima sazonal (AULER et al., 2005). Da área continental brasileira de 8,5 milhões de km², Karmann (1994) estimou que cerca de 5 a 7% são constituídos por terrenos cársticos. Entretanto, Karmann; Sallun Filho (2007) afirmam que cerca de 2,8% do território brasileiro apresenta carbonatos aflorantes. As principais unidades localizam-se no Cráton São Francisco, na região de Minas Gerais, Goiás e Bahia, sobre litologias carbonáticas e dolomíticas do Proterozóico Superior (TRAVASSOS, 2010).

Na região Nordeste do Brasil, o desenvolvimento de morfologias cársticas constituem indicadores confiáveis da atuação de paleoclimas (TARDY; ROQUIM, 1998; VASCONCELOS et al., 1994), que proporcionaram condições de temperatura e umidade elevadas, que condicionaram sua gênese e evolução, no decorrer do Eoceno (MORAIS NETO et al., 2005; PEULVAST; BÉTARD, 2015). Do ponto de vista climático, 72% do NE brasileiro é considerado semiárido (MIN, 2017), apresentando substanciais variações temporais e espaciais da precipitação pluviométrica (~8 meses de estiagem), elevadas temperaturas (~26 a 28°C) e baixos índices de umidade do ar (NIMER, 1979; FERREIRA; MELLO, 2005), que limitam os processos atuais de dissolução de carbonatos relacionados ao intemperismo químico (MAIA; BEZERRA, 2014a).

No entanto, o fator climático não é suficiente para tornar a região desprovida de feições cársticas, uma vez que em algumas áreas como na Bacia Potiguar, situada nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará (MAIA; BEZERRA, 2014a), e na borda oriental do *glint* da Ibiapaba, no Estado do Ceará (VERRÍSSIMO et al., 2005), uma série de relevos cársticos é possível ser identificada. As morfologias cársticas identificadas em ambientes secos, constituem importantes indicadores paleoclimáticos, devendo ser interpretadas como feições herdadas de períodos nos quais a precipitação e a umidade eram mais expressivas (AULER et al., 2005; BIGARELLA et al., 2009).

No Estado do Ceará, entre os municípios de Altaneira e Farias Brito, mesorregião Sul Cearense (IPECE, 2019), destacam-se cristas residuais

estruturadas em metacalcários da Formação Farias Brito (PP4ofb) (CPRM, 2003), datados do Estateriano (~1800 a 1600 Ma) (VASCONCELOS et al., 1997), com feições cársticas erosionais (exocarstes) elaboradas por processos de dissolução e corrosão, que incluem paredões enrugados, *karren*, *kamenitzas* e *boulders* corroídos pelo intemperismo químico. Trata-se de um conjunto de cristas desenvolvidas segundo as direções dos principais sistemas de falhas regionais (NE-SW), que atualmente influenciam no controle estrutural da drenagem e, portanto, na dissecação e deposição quaternária.

Entretanto, as condições hidrológicas e climáticas atuais não são suficientes para explicar a ocorrência dessas feições exocársticas, na área de estudo. Os processos erosivos atuais são controlados, sobretudo, pela morfogênese física, condicionada pela semiaridez climática, uma vez que a morfogênese química só ocorre no período úmido, limitado a quadra chuvosa, de fevereiro a maio. Esse contexto climático, em que as precipitações são concentradas em um curto período de tempo, limita a dissolução dos carbonatos em solução aquosa (CARVALHO JÚNIOR et al., 2008), ficando, esta limitada ao escoamento superficial laminar e difuso, e aos canais intermitentes sazonais que, no período chuvoso, possuem elevada competência erosiva e descarga sólida, e no restante do ano constituem vales secos.

Diante do contexto apresentado, o presente trabalho tem por objetivo principal identificar e analisar as formas cársticas superficiais, verificadas em cristas residuais carbonáticas na mesorregião Sul do Estado do Ceará, típicas de processos de dissolução química e corrosão, em função do arranjo litoestrutural da área em questão, de maneira a contribuir com os estudos geomorfológicos do Nordeste brasileiro.

O setor de estudo está inserido na região semiárida do NE brasileiro (NIMER, 1979), porção meridional do Estado do Ceará, e dentro do contexto geológico e tectônico da porção setentrional da Província Borborema (ANGELIN et al., 2003; BRITO NEVES et al., 2000), Domínio Rio Grande do Norte (DRGN), Terreno Granjeiro-Seridó (TGS), Folha Iguatu (SB. 24-Y-B) (VASCONCELOS et al., 1997) (Figura 1).

A Província Borborema é caracterizada por extensas zonas de cisalhamento, preferencialmente transcorrentes, com dezenas de quilômetros de comprimento e geralmente de 1-5 km de largura (BEZERRA et al., 2011), distribuídas em leque, que

a seccionam em diversos domínios orogênicos, caracterizados por associações litológicas com idade arqueano-proterozoicas, podendo ser observados feições estruturais e plutonismo, diretamente relacionados ao Ciclo Brasileiro (CABY et al., 1991; SANTOS, 2000).

Na área de estudo, precisamente, nas proximidades dos municípios de Farias Brito e Altaneira, zonas de cisalhamento brasileiras de cinemática dextral NE-SW, associadas ao

Lineamento de Patos, exercem importante controle nas feições geomorfológicas, representadas por maciços graníticos, sequência de cristas residuais e vales incisos, compondo altos e baixos topográficos, que demonstram significativa compatibilidade com a direção dos *trends* estruturais (CORDEIRO et al., 2017), evidenciando um nítido condicionamento litoestrutural e morfoestrutural que condiciona a dinâmica atual de dissecação e agradiação (HOWARD, 1967; MAIA; BEZERRA, 2014b).

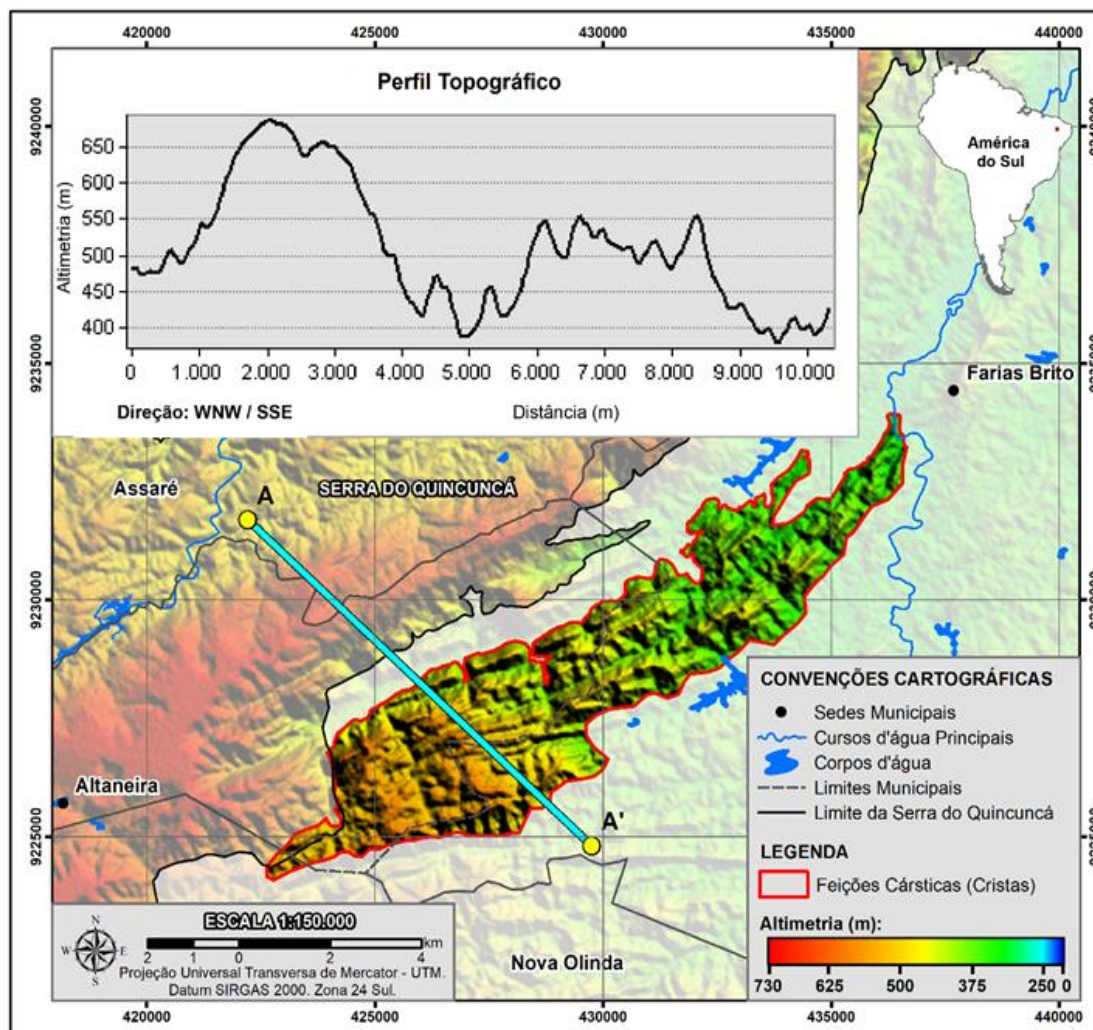


Figura 1: Posicionamento e perfil topográfico da área de estudo em relação ao Maciço do Quincuncá, Ceará, Brasil.

Fonte: Elaborada pelos autores (2016), a partir de edição de imagem SRTM.

Nessa área, os processos denudacionais, em zonas de deformação de direção NE-SW, originaram *trends* de lineamentos, representados em superfície por uma sequência de cristas residuais simétricas, de resistência diferenciada a morfogênese física e química, constituídas por metacalcários da Formação Farias Brito (PP4ofb) e por ortognaisses de composição granítica a granodiorítica, relacionados ao Complexo Granjeiro (A γ) (CPRM,

2003), que confinam, principalmente, canais de drenagem de 1^a, 2^a e 3^a ordens, enquanto a drenagem de 4^a e 5^a ordens se superimpõem às morfoestruturas. Essas feições residuais, dispostas em faixas paralelas e de forma descontínua, com vertentes curtas e topo semiconvexo, apresentando inclinação entre 20 a 45%, constituem uma superfície erosiva dissecada em cristas.

Dessa forma, a erosão diferencial que se estabeleceu, segundo os planos estruturais de

deformação pré-cambriana, definidos pelo Lineamento de Patos vêm, ao longo dos tempos geológicos, colocando em ressaltado topográfico estruturas rochosas sustentadas por granitos, granodioritos, quartzitos, ortognaisses e metacalcários, e rebaixando o relevo constituído por litologias menos resistentes do complexo metamórfico indiferenciado (CORDEIRO et al., 2017) (Figura 2).

A área em questão apresenta duas estações bem definidas, uma chuvosa com precipitações pluviométricas de janeiro a maio, com máximas nos

meses de fevereiro, março e abril, e outra seca no restante do ano.

A maior concentração pluviométrica para os 25 anos (1990-2015) analisados, de dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos-FUNCEME (2019), dos postos dos municípios de Farias Brito e Altaneira, ocorre no primeiro semestre, no qual se tem aproximadamente 88,43% do total anual, sendo o mês de março, o mais chuvoso com 458,29 mm (24,45%) (Gráfico 1).



Figura 2: Visada SW-NE, destacando o alinhamento do Maciço do Quincuncá e as cristas residuais. Na porção central, planície fluvial do rio São Romão, que se configura como uma zona de contato entre o granito do maciço e as rochas carbonáticas das cristas. Foto: autores (2017).

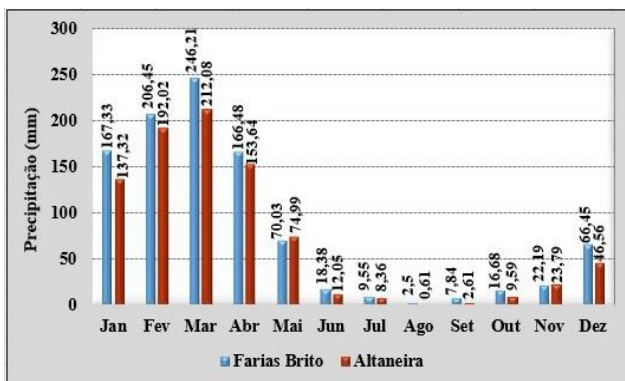


Gráfico 1: Média mensal pluviométrica de Altaneira e Farias Brito (1990-2015). Fonte: elaborado pelos autores, baseado em FUNCEME (2019).

O trimestre menos chuvoso abrange o período julho-agosto-setembro, totalizando 31,47 mm (1,68%), com mínimas registradas em agosto-setembro. A pré-estação é compreendida pelos meses de dezembro e janeiro, apresentando uma média mensal de 113,01 mm (6,03%) e 304,65 mm (16,26%), respectivamente. Neste período, as chuvas são produzidas, principalmente, pela formação dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM's) e Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), sistemas secundários de circulação atmosférica, que se formam devido à proximidade de Frentes Frias (FUNCEME, 2012).

O período de fevereiro a maio que corresponde à quadra chuvosa, representa 70,55% (1.321,9 mm) da média pluviométrica anual de 1.873,71 mm (Altaneira: 873,62 mm; Farias Brito: 1.000,09 mm), para os 25 anos analisados (1990-2015). A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema sinótico provocador da quadra chuvosa, atuando de modo mais expressivo a partir de meados do verão, e atingindo sua maior frequência no outono (março-abril), quando alcança sua posição mais meridional (NIMER, 1979). O mês de maio é caracterizado pelo início do afastamento da ZCIT.

Com relação à cobertura pedológica das cristas residuais, tem-se o predomínio de Cambissolos Háplicos Ta Eutrófico típico associados a Chernossolos Háplicos Órticos típicos. O recobrimento vegetal é composto por caatinga de porte arbóreo-arbustivo, semidecídua, estando ameaçada, especialmente, pelo sistema tradicional de corte e queimada para agricultura, além da extração da madeira para produção de lenha, utilizada como combustível nos fornos (caieiras) de produção de cal virgem.

2. METODOLOGIA

A metodologia empregada neste trabalho consistiu-se, primeiramente em ampla revisão bibliográfica sobre a gênese e evolução do relevo cárstico e sua morfologia específica, além de informações geológicas e geomorfológicas sobre a área de estudo, tendo em vista sua complexidade litoestrutural.

Utilizou-se nesse trabalho a análise de informações geológicas e geomorfológicas em ambiente SIG, a partir do mapa de geologia do Estado do Ceará, elaborado na escala de 1:500.000 (CPRM, 2003) e da Folha de Iguatu (SB.24-Y-B), na escala de 1:250.000 (VASCONCELOS et al., 1997), e dos mapas geomorfológicos produzidos por Peulvast; Claudino Sales (2003) e Cordeiro (2017), elaborados nas escalas de 1:500.000 e 1:200.000, respectivamente.

Os dados de precipitação utilizados para determinar a média mensal pluviométrica dos municípios de Altaneira e Farias Brito foram disponibilizados pela FUNCEME, reunindo 02 (duas) estações pluviométricas (Altaneira, posto 06; Farias Brito, posto 45), com uma série histórica de 25 anos.

A avaliação das condições climáticas e paleoclimáticas foram feitas tomando como base os

trabalhos de Nimer (1979), Morais Neto et al., (2005) e Peulvast; Bétard (2015). O limite da área de ocorrência das cristas residuais foi estabelecido a partir da correlação entre o limite das unidades geológicas e suas relações com as principais formas de relevo.

Os trabalhos de campo e reconhecimento, realizados nos anos de 2017 e 2018, em áreas pré-selecionadas, foram auxiliados por mapa hipsométrico e geológico, em tamanho A1, na escala de 1:200.000, e objetivaram a identificação e descrição das principais feições cársticas, localizadas na superfície erosiva dissecada em cristas, entre os municípios de Altaneira e Farias Brito, no Estado do Ceará.

Para confecção do mapa de localização e delimitação da área de estudo, os *softwares* utilizados para o tratamento dos dados foram o Sistema de Informações Geográficas (SIG) Quantum GIS 2.14 e o *Global Mapper* 18, que possibilitaram todo o tratamento dos dados vetoriais e matriciais, permitindo a criação de um banco de dados georreferenciados, sendo todos os arquivos submetidos à projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM), utilizando-se o Datum Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas de 2000 (SIRGAS-2000).

3. RESULTADOS

Na área de estudo, cristas residuais de topo semiaguçado e com vertentes côncavas, que definem um modelado ondulado a forte ondulado, ocupam uma área de 36,46 km² caracterizada por nítido controle estrutural, com orientação predominante NE-SW, concordante com a estruturação regional. Essa sequência de cristas, que se prolonga por vários quilômetros (~10 km), confinando os canais de drenagem de 1^a, 2^a e 3^a ordem, que orientam a dissecção e agradação fluvial, apresentam níveis altimétricos variando entre 450 a 550 m, sendo intercaladas por vales estreitos ou ligeiramente alargados nos setores de suavização (Figura 3). Nessa área, a drenagem atuante é de padrão treliça-retangular.

As cristas estruturadas em metacalcários, de coloração variando de cinza a esbranquiçada, granulação fina a média, textura sacaroidal e com teor de magnésio bastante variável (VASCONCELOS; GOMES, 2000), encontram-se encaixadas entre gnaisses migmatizados do Grupo Orós (PP4o), com principal área de concentração nas proximidades do distrito de São Romão,

município de Altaneira, Ceará. Nessas cristas, formas cársticas de dimensões reduzidas, como, por exemplo, *lapiés*, evidenciam a existência de processos de dissolução diferencial da rocha, ativos em superfície e associados ao escoamento superficial (Figura 4).

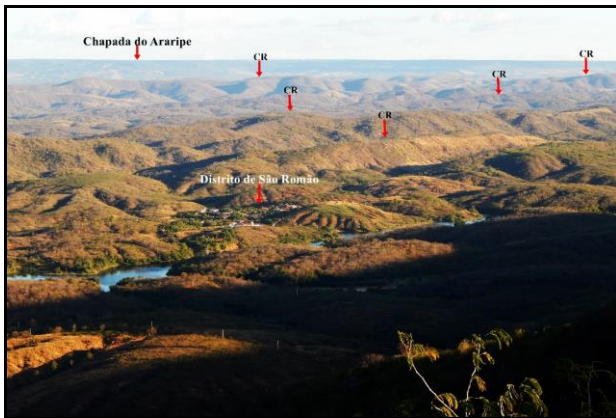


Figura 3: Vista parcial das cristas residuais (CR) nas proximidades do distrito de São Romão, Altaneira, Ceará. Ao fundo a chapada do Araripe. Foto: autores (2017).

Os principais tipos de *lapiés* (*karren*) identificados foram os *lapiés* em caneluras (*rillenkarrren*) (Figura 4). Os *rillenkarrren* desenvolvem-se em superfícies rochosas fortemente inclinadas e em paredes verticais, devido a fluxos canalizados, apresentando padrão paralelo, retilíneo e regularmente espaçado (HUGGETT, 2007).



Figura 4: Paredão enrugado com *lapiés* em caneluras ou *rillenkarrren*. Vertente oriental de crista residual, distrito de São Romão, Altaneira, Ceará, Brasil. Foto: autores (2017).

Na zona de contato entre as cristas carbonáticas com o granito do Maciço do Quincuncá, datado do Ediacariano (~650 a 540 Ma), ocorrem formas escarpadas em paredões carbonáticos retilíneos, associados a planícies alveolares, marcados por *lapiés* dispostos paralelamente do topo a base do paredão, devido a fluxos canalizados e fraturas horizontais e verticais

como as que estão presentes em alguns tipos de *inselbergs* (MIGÓN, 2006) (Figura 5). Os paredões constituem formas residuais do relevo cárstico, remanescentes rochosos dos processos de dissolução diferencial da rocha (PILÓ, 2000).

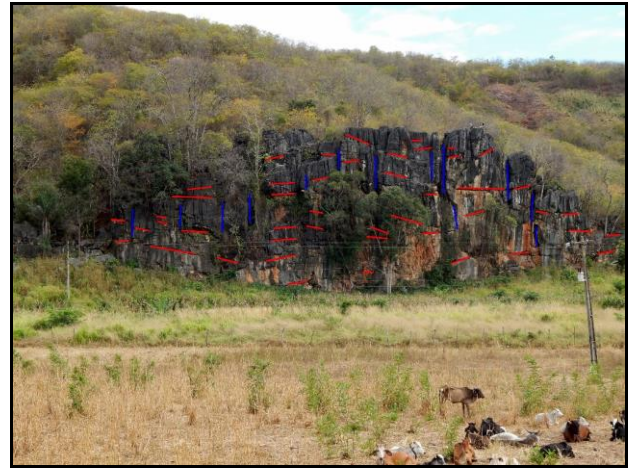


Figura 5: Paredão carbonático, parcialmente encoberto por vegetação semidecídua, em área de contato com o Maciço do Quincuncá, município de Farias Brito. Observar as fraturas horizontais e pouco inclinadas (linha vermelha) e verticais (linha azul). Foto: autores (2017).

Um segundo conjunto de *lapiés*, observado na área de estudo, que tem origem, fundamentalmente bioquímica, resultante da ação conjunta da dissolução, por permanência da água em superfícies deprimidas (corrosão) e dos organismos vivos, são as bacias ou pias de dissolução (*kamenitzas*) (RODRIGUES, 2012), semelhantes às marmitas fluviais, diferenciando-se destas por seu fator genético e pela ausência de seixos em seu interior. Tratam-se de feições negativas de formato, geralmente circular e dissimétricas, com dimensões variadas, normalmente, mais largas do que profundas (FORD; WILLIAMS, 2007) (Figura 6).



Figura 6: Bacias ou pia de dissolução dissimétrica, na vertente ocidental de crista residual, distrito de São Romão, Altaneira, Ceará, Brasil. Foto: autores (2017).

Outra forma cárstica típica são os blocos residuais de metacalcário (*boulders*), de forma variável e amplamente distribuídas nas vertentes das cristas, podendo ser encontrados de maneira isolada ou aglomerada (*cluster*). Esses blocos foram, possivelmente, expostos depois que o manto de intemperismo que os recobriam foi removido, podendo ser transportados do seu local de origem, em certos casos, devido à configuração do relevo (declividade acentuada), passando a se configurar como material coluvial (Figura 7).



Figura 7: Aspecto geral da vertente ocidental de crista residual, onde se pode observar *boulders* de rochas carbonáticas. Foto: autores (2017).

Os *boulders* apresentam uma grande variedade de tamanhos e formas, que refletem a variabilidade do espaçamento das fraturas nas rochas carbonáticas e/ou evidenciam a dissolução diferencial da rocha.

4. CONCLUSÕES

Os processos denudacionais em cristas residuais na área de estudo têm revelado um diversificado mostruário de formas cársticas, como, por exemplo, *lapiés*, *kamenitzas*, paredões e *boulders*, associadas a processos de dissolução, erosão diferencial e padrões de fraturamento termoclástico que permitiram o acesso dos agentes intempéricos ao interior da rocha, acelerando a metreorização.

A porosidade primária (poros intercrystalinos), normalmente uniforme, dos

REFERÊNCIAS

AULER, A.; ZOGBI, L. **Espeleologia**: noções básicas. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2005. 104p.

AULER, A.; PILÓ, L. B.; SAADI, A. Ambientes cársticos. In: Souza, C. R. G. (Ed.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005. p. 321-342.

metacalcários da Formação Farias Brito (PP4ofb) não tem muita importância no desenvolvimento da paisagem da área de estudo. No entanto, a porosidade secundária representada, principalmente, pelas fraturas e fissuras, formadas, geralmente pós-diagênese, são de real importância no desenvolvimento de morfologias superficiais cársticas. Outras feições típicas de relevos cársticos, como dolinas, poljés, vales cegos, dentre outras, não foram ainda identificados na área de estudo. Tal fato, possivelmente, deriva das limitações climáticas atuais, que impõem condições de baixa umidade associada a períodos longos de estiagem. Cabe destacar também a importância do contexto geomorfológico local como agente responsável por uma maior concentração de fluxos hídricos nas vertentes carbonáticas, a partir da evolução morfogenética local que, através de processos de erosão diferencial, permitiu a exumação dos metacalcários em setores topograficamente mais dissecados, condicionando uma maior capacidade energética dos fluxos hídricos.

As paisagens cársticas que compõem a área de estudo vêm sendo exploradas, de forma bastante rudimentar, já há algum tempo, com material sendo usado para fabricação de cal, embora muitos deles exibam características que possibilitariam seu uso para atividades mais nobres. Destaca-se também a importância da geoconservação do patrimônio geomorfológico que o carste abriga, tendo em vista seu potencial geoturístico, além de sua presença na paisagem desempenhar um papel muito importante na reconstrução paleoclimática e geomorfológica do NE brasileiro.

Vale ressaltar que a área em questão pode apresentar potencial espeleológico, pois nos trabalhos de reconhecimento e análise em campo, alguns moradores indicam o desenvolvimento de cavernas, no entanto esses levantamentos ainda serão feitos, posteriormente, em trabalhos de campo.

5. AGRADECIMENTO

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/PNPD) pelo auxílio financeiro, que subsidiou o desenvolvimento dessa pesquisa.

- BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. v. 1. Florianópolis: Editora da UFSC, 2009. 425p.
- CABY, R.; SIAL, A. N.; ARTHAUD, M. H.; VAUCHEZ, A. Crustal evolution and the Brasiliano orogeny in Northeast Brazil. In: **The West African orogens and circum Atlantic correlatives**. Berlin: Springer-Verlag, 1991. p. 373-397.
- CARVALHO JÚNIOR, O. A.; BERBET-BORN, M.; MARTINS, E. S.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T. Ambientes cársticos. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 185-218.
- CPRM-COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará**. Mapa na escala de 1:500.000. Fortaleza: CPRM/Serviço Geológico do Brasil, 2003.
- CORDEIRO, A. M. N. **Morfoestrutura e morfopedologia da Serra do Quincuncá e entorno, Ceará, Brasil**. 2017. 256p. Tese (Doutorado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza.
- CORDEIRO, A. M. N.; BASTOS, F. H.; MAIA, R. P. Caracterização geoambiental e compartimentação geomorfológica da Serra do Quincuncá e entorno, Nordeste do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, v. 34, p. 106-121, 2017.
- FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 01, n. 1, p. 15-28, 2005.
- FORD, D.; WILLIAMS, P. **Karst hydrogeology and geomorphology**. United Kingdom: Wiley, 2007. 562p.
- FORD, D.; LUNDBERG, J. A review of dissolutional rills in limestone and other soluble rocks. **Catena**, v. 8, p. 119-140, 1987.
- FUNCEME-FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Base de dados pluviométricos**. Fortaleza: FUNCEME, 2019. Disponível em: <http://www.funceme.br/?page_id=2694>. Acesso em: 21 fev. 2019.
- _____. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos: mesorregião do sul cearense**. Fortaleza: FUNCEME, 2012. 280p.
- GURGEL, S. P. P. **Evolução morfotectônica do maciço estrutural do Pereiro, Província Borborema**. 2012. 189p. Tese (Doutorado em Geodinâmica), Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal.
- HOWARD, A. D. Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. **Bulletin American Association of Petroleum Geologist**, v. 51, n. 11, p. 2246-2259. 1967.
- HUGGETT, R. J. Ancient landscapes. In: HUGGETT, Richard John. **Fundamentals of geomorphology**. Second Edition, 2007. p. 378-407.
- IPECE-INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. Ceará em mapas. **Mesorregiões geográficas**. Fortaleza: IPECE, 2019. Disponível em : <<http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/11/129x.htm>>. Acesso em: 12 fev. de 2019.

- KARMANN, I. **Evolução e dinâmica atual do sistema cárstico do alto vale do Ribeira de Iguape, sudoeste do estado de São Paulo.** 1994. 228p. Tese (Doutorado em Geociência), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- KARMANN, I.; SALLUN FILHO, W. Paisagens subterrâneas do Brasil. **Ciência Hoje**, v. 40, n. 235, p.18-25, 2007.
- MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. **Tópicos de geomorfologia estrutural: Nordeste brasileiro.** Fortaleza: Edições UFC, 2014a. 124p.
- MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Condicionamento estrutural do relevo no Nordeste setentrional brasileiro. **Mercator**, v. 13, n. 1, p. 127-141, 2014b.
- MIGÓN, P. **Geomorphological landscapes of the world: granite landscapes of the world.** New York: Oxford University Press Inc., 2006. 417p.
- MIN-Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do semiárido brasileiro.** Brasília: SUDENE, 2017. 63p.
- MORAIS NETO, J. M.; HEGARTY, K.; KARNER, G. D. Abordagem preliminar sobre paleotemperatura e evolução do relevo da bacia do Araripe, Nordeste do Brasil, a partir da análise de traços de fissão em apatita. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 113-119, 2005.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 480p.
- PENTEADO, M. M. **Fundamentos de geomorfologia.** 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1983. 186p.
- PEULVAST, J-P.; BÉTARD, F. A history of basin inversion, scarp retreat and shallow denudation: the Araripe basin as a keystone for understanding long-term landscape evolution in NE Brazil. **Geomorphology**, v. 233, p. 20-40, 2015.
- PEULVAST, J-P; CLAUDINO-SALES, V. Mapa morfoestrutural do Ceará e áreas adjacentes do Rio Grande do Norte e da Paraíba. In: Brasil. **Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará.** Mapa na escala 1:500.000. Fortaleza: Serviço Geológico do Brasil, 2003.
- PILÓ, L. B. Geomorfologia cárstica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 1, n. 1, p. 88-102, 2000.
- RODRIGUES, M. L. Classificação e tipologia dos lapiás: contribuindo para uma terminologia das formas cársticas. **Finisterra**, XLVII, 93, p. 147-158, 2012.
- TARDY, Y.; ROQUIN, C. **Dérive des continents. Paléoclimatset altérations tropicales.** Orléans: Editions du BRGM, 1998.473p.
- THORNBURY, W. D. **Princípios de geomorfología.** Buenos Aires: Editorial Kapelusz, 1966. p. 17-35.
- TRAVASSOS, L. E. P. **A importância cultural do carste e das cavernas.** 2010. 372p. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- VASCONCELOS, P. M.; BRIMHALL, G. H.; BECKER, T. A.; RENNE, P. R. 40Ar/39Ar analysis of supergene jarosite and alunite: implications to the paleoweathering history of the western USA and West Africa. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 58, n. 1, p. 401-420, 1994.
- VASCONCELOS, A. M.; GOMES, J. R. C. Geologia. In: GOMES, J. R. C. **Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil, Jaguaribe SW, Folha SB.24-Y.** Escala 1:500.000. Fortaleza: CPRM, 2000. p. 07-38

- VASCONCELOS, A. M.; PRADO, F. S.; GOMES, F. E. M. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. **Folha Iguatu, SB.24-Y-B**. Carta Geológica, Escala 1:250.000, Anexo II. Fortaleza: CPRM/Serviço Geológico do Brasil, 1997.
- VERESS, M. **Covered Karsts**. Springer Geology. Publisher: Springer Netherlands, 2016. 536p.
- VERÍSSIMO, C. U. V.; SOUSA, A. E. B. A. RICARDO, J. M.; BARCELOS, A. C.; NETO, J. A. N.; SILVA FILHO, W. F.; JÚNIOR, J. V. N. Espeleoturismo e microclima da gruta de Ubajara, CE. **Estudos Geológicos**, v. 15, p. 242-251, 2005.