

ASPECTOS DE FEIÇÕES DE DISSOLUÇÃO EM INSELBERGS

Hudson Silva Rocha ¹
Eliomara Leite Meira Gomes ²
Rubson Pinheiro Maia ³

INTRODUÇÃO

No Nordeste brasileiro, muitas áreas apresentam relevos graníticos relevantes para estudos sobre evolução geomorfológica, ex.: campos de *inselbergs* de Quixadá/CE (MAIA et al., 2015) e de Itatim/BA (LIMA; CORRÊIA-GOMES, 2015). Esse modelado granítico apresenta uma diversidade de feições associadas a processos que precedem sua exposição à superfície (TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005), explicado pela concepção do Duplo Aplainamento (*Etchplanation*) (BÜDEL, 1982).

As escarpas desses *inselbergs* graníticos são ornamentadas por feições de fraturamento e de dissolução. A dissolução, através do intemperismo químico nas rochas em subsuperfície, modela formas como bacias de dissolução (*gnammas*) e caneluras (*karrens*) (TWIDALE; VIDAL ROMANI, 2005). As caneluras possuem aspecto de sulcos e são feições típicas de rochas carbonáticas. Porém, há feições similares desenvolvidas em superfícies graníticas, com formas e dimensões variadas (milímetros a metros) (MIGÓN, 2006; GINÉS, 2009; TRAVASSOS, 2019).

Diante disso, o presente trabalho visa analisar aspectos gerais de caneluras graníticas e correlacionar com fatores evolutivos. Para tal, foi selecionado o *inselberg* Pedra do Maia (Figura 1C), em Quixadá (Ceará), de fácil acessibilidade e categorizado como *inselberg* de dissolução (MAIA et al., 2015; GOMES, 2023),

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O *inselberg* Pedra do Maia localiza-se no município de Quixadá, no estado do Ceará, cerca de 200 km da capital. O clima na região é semiárido (MUNIZ et al., 2017),

¹ Doutorando em Geografia da Universidade Federal do Ceará, HUDSONSROCHA@ALU.UFC.BR;

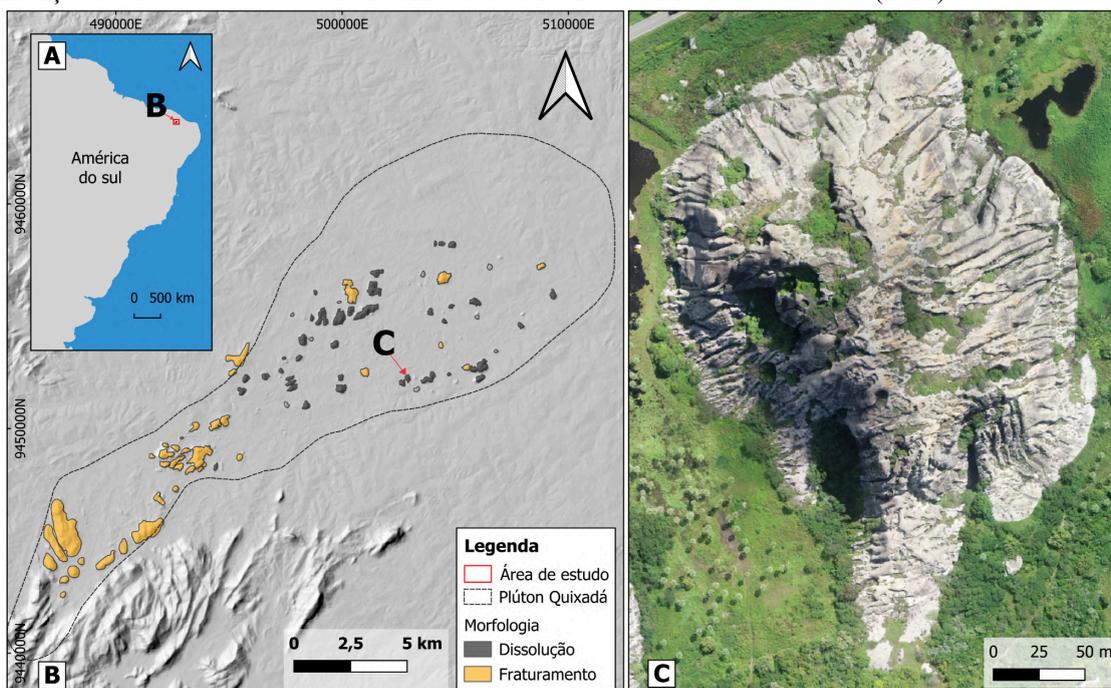
² Mestre em Geografia da Universidade Federal do Ceará, ELIOMARALGOMES@GMAIL.COM;

³ Professor Doutor do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará, RUBSONPINHEIRO@YAHOO.COM.BR;

com uma vegetação predominante do tipo savana-estépica (bioma caatinga) (PAULINO et al., 2018), sobre uma associação de Planossolos, Argissolos, Vertissolos, Luvisolos e Neossolos Litólicos (SANTOS et al., 2018).

Está assentado sobre o Plúton Quixadá (Figura 1B), um corpo intrusivo granítico neoproterozoico (Suíte Intrusiva Itaporanga), com origem associada aos eventos de plutonismo (600-585 Ma) da Orogênese Brasileira (640-540 Ma) acomodados por zonas de cisalhamento transcorrentes NE-SW (VAUCHEZ, et al., 1995; ALMEIDA, et al. 2000; PINÉO et al., 2020), com mesma orientação da foliação, dos megacristais e dos enclaves máficos (NOGUEIRA, 2004). Apresenta, em sua maioria, monzonitos, seguido de quartzo-monzonito, monzodiorito e granodioritos, com granulação grossa, matriz máfica e textura porfírica (ALMEIDA, 1995; PINÉO et al., 2020).

Figura 1 - Localização do *inselberg* Pedra do Maia. A) Mapa de localização do plúton. B) Polígono de inserção da área de estudo. C) Ortofotomosaico da Pedra do Maia. Fonte: Autores (2024).



O terreno corresponde, geomorfologicamente, a Superfície Sertaneja 1 (SS1), com topografia plana a suavemente ondulada que varia de 50 a 250 m de altitude (COSTA *et al.*, 2020), moldada por processos de denudação, aplainamento do relevo e erosão diferencial, onde *inselbergs* se destacam pela resistência e pelas feições nas escarpas. Em função disso, Maia et al. (2015) classificaram os *inselbergs* em: 1 - Fraturamento: pela elevada densidade de fraturas e formas resultantes de colapso; 2 -

Dissolução: maior ocorrência de formas de intemperismo associadas à erosão química; e
3 - Maciços: forma dômica e escarpas sem feições de dissecação significativas.

O *inselberg* Pedra do Maia (38°58'25"W; 4°57'20"S) situa-se às margens da rodovia estadual CE-265 e é classificado como Tipo 2 - Dissolução, com uma altura de 108 m e altitude de 253,6 m (MAIA et al., 2015; GOMES, 2023).

Procedimentos metodológicos

Esta pesquisa foi realizada em três etapas. A primeira consistiu em levantamento bibliográfico, sobre feições de dissolução e caneluras em litologias variadas e relevos graníticos no Nordeste, e aquisição de dados geocartográfico, como base de dados em *shapefile* e aspectos ambientais da região.

Já na segunda etapa realizou-se trabalho de campo para reconhecimento e coleta de informações nos *inselbergs* de Quixadá, incluindo Pedra da Maia, para visualizar padrões e características das caneluras e demais feições de dissolução. Também fez-se a fotogrametria com RPA (*Remotely Piloted Aircraft* ou Aeronaves Remotamente Pilotadas) do *inselberg* em análise, drone modelo Phantom 4 pro.

Na terceira etapa houve a organização e análise das informações coletadas, junto da elaboração do MDE (Modelo Digital de Elevação) derivado dos dados do drone e geoprocessamento no *software* gratuito QGIS 3.14.16. A partir das imagens e do MDE, foram analisadas feições de dissolução do tipo *karren* (canelura). Ainda no QGIS foram gerados perfis transversais amostrais (*Terrain Profile*) de duas caneluras (cotas 33, 66 e 99% do comprimento) na escarpa leste para representar suas dimensões.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

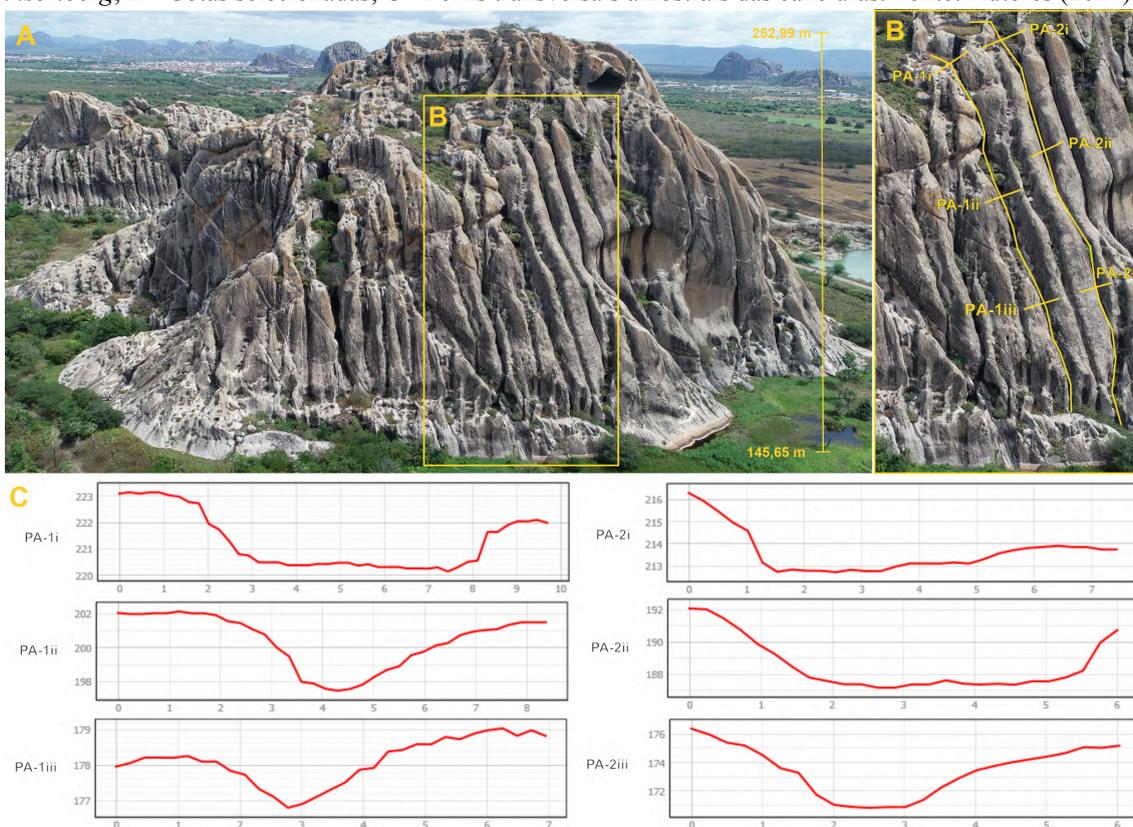
O *inselberg* Pedra do Maia, com uma altitude mínima de 145 m e uma máxima de 253 m (Figura 2A), é marcado por escarpas ornamentadas de feições de dissolução (Figura 2B). As caneluras se destacam, como sulcos contínuos em declividades elevadas, concentrando fluxo de água durante as chuvas, com canais de até 6 m de largura e 8 m de profundidade. São, comumente, retilíneas, e apresentam padrões de orientação primária NE-SW. Em geral, as feições de dissolução apresentam a mesma orientação, indicando que os demais tipos de feições tendem a seguir o mesmo padrão.

Os Perfis Amostrais (Figura 2C) refletem típicas escarpas de um *inselberg* granítico do Tipo 2 - Dissolução (Figura 4). Em geral, os topos das caneluras (PA1-i/PA2-i) (Figura 3) parecem ser mais amplos, com maiores larguras, atingindo até cerca de 6 m. Aliado a baixa declividade, esses setores favorecem a fixação de vegetação, por facilitarem a retenção de água e formação de um solo incipiente.

O segundo nível de perfis (PA1-ii/PA2-ii) demonstra, em alguns casos, a ruptura da baixa para alta declividade, evidenciando caneluras com profundidades aproximadas entre 4 e 6 m, estreitando-se. Nessas cotas, normalmente, não há acúmulo de material em função da declividade acentuada, expondo a rocha nua.

Mais próximos à base (PA1-iii/PA2-iii), os perfis das caneluras parecem mais suavizados, ainda com declividade relativamente elevada. Apresentam profundidades e larguras similares entre si e, respectivamente, à cota acima. É provável que a proximidade com a base do *inselberg*, condiciona a manutenção da profundidade e a retomada da ampliação das caneluras, em razão da gradual perda da declividade.

Figura 2 - Aerofotogrametria do *inselberg* Pedra do Maia. A - Vista das caneluras na escarpa leste do *inselberg*; B - Cotas selecionadas; C - Perfis transversais amostrais das caneluras. Fonte: Autores (2024).



Muitos fatores podem controlar a gênese de feições de dissolução em granitos. Porém, nem sempre o fator genético está evidente no relevo devido ao intemperismo e erosão (TWIDALE; BOURNE, 2018). Variações faciológicas, enclaves máficos, veios/diques, fraturas pretéritas, dentre outros fatores (NICHOLSON, 2008; SOUZA et al., 2023; SANTOS et al., 2023), parecem condicionar a origem desse tipo de feição.

No Plúton Quixadá, estudos de Castro (2018) e Santos et al. (2024), em outros *inselberg* de dissolução, detectaram orientação NE-SW de lineamentos rúpteis e dúcteis, feições de dissolução e enclaves máficos. Estes seguem o padrão estrutural regional (NOGUEIRA, 2004). Logo, o *inselberg* Pedra do Maia, apresentando caneluras com as mesmas orientações, também evidencia o controle regional sobre essas feições.

Além disso, há a presença de enclaves consumidos, atestando o intemperismo seletivo nas porções ferromagnesianas, mais suscetíveis à alteração (EGGLETON, 2021). Sua evacuação gera concavidades, que podem coalescer e originar caneluras (SANTOS et al., 2023).

Dadas as dimensões das caneluras analisadas, podemos classificá-las como *megakarrens* (GINÉS, 2009). Em relevos de rochas carbonáticas, estes se desenvolvem em clima tropical ou em glaciocarste (PERICA, 2004; VERESS, 2019), sendo possível traçar um paralelo para compreender o desenvolvimento, formas e fatores da dissolução.

Na Pedra do Maia, ao visualizar os perfis transversais, as caneluras apresentam canais semelhantes ao Tipo B (*U-shaped*), formato em “U” (VERESS, 2019). O mesmo salienta que o aumento da inclinação eleva o fluxo de água superficial e a redução eleva a infiltração. Lembrando que rochas graníticas têm baixa permoporosidade, restrita quase sempre a fraturas e juntas (MAIA; SOUZA, 2024). Isso destaca os perfis dos topos mais amplos e vegetados, e os demais perfis mais profundos e sem cobertura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa demonstra que as caneluras do *inselberg* Pedra do Maia, de orientação NE-SW, segue o padrão regional das zonas de cisalhamento e da foliação do granito. Os enclaves máficos analisados em outros trabalhos possuem orientações similares. Quando intemperizados e erodidos, oferecendo uma dissecação guiada, através da hidrodinâmica, e balizada pela foliação granítica, dando origem as caneluras.

Os perfis transversais das caneluras apresentam-se mais amplos e planos nos topos, facilitando a estagnação da água, incipiente pedogênese e fixação de vegetação. Elas aprofundam-se e tornam-se rocha exposta à medida que a declive aumenta. Essas dimensões de *megakarren* constituem um avançado estágio de desenvolvimento de feições de dissolução.

Vale salientar que esses padrões de caneluras, além da discussão a respeito da sua gênese, evolução e dimensões, não evidencia o único controle na erosão diferencial, dada a complexidade e diversidade de processos que estão em contínua atuação sobre as rochas graníticas. Logo, este trabalho pode auxiliar na busca por outros aspectos e processos sobre condicionamento evolutivos em *inselbergs* graníticos.

Palavras-chave: Inselberg; Escarpa granítica; Canelura; Perfil Transversal.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao financiamento do PROEX/CAPES, processo nº 0348/2021/23038.008387/2021-53: Programa de Excelência Acadêmica. Também agradecemos o apoio do Laboratório de Geomorfologia - UFC e do Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFC.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. R. **Petrologia e aspectos tectônicos do complexo granítico Quixadá-Quixeramobim, CE**. 1995. 279 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995. DOI: 10.11606/T.44.1995.tde-12082015-141200

ALMEIDA, F. F. M., BRITO NEVES, B. B., CARNEIRO, C. D. R. The origin and evolution of the South American Platform. **Earth-Science Reviews** 50, 77-111, 2000. DOI: 10.1016/S0012-8252(99)00072-0

BÜDEL, J. **Climatic Geomorphology**. New Jersey. Princeton University Press, 1982. ISBN-13: 978-0691082943.

CASTRO, H. S. de. **Controle litoestrutural nos relevos graníticos sobre o Batólito de Quixadá e entorno-CE**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Fortaleza, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/69634>>.

COSTA, L. R. F.; MAIA, R. P.; BARRETO, L. L.; CLAUDINO-SALES, V. C. Geomorfologia do nordeste setentrional brasileiro: uma proposta de classificação.

Revista Brasileira de Geomorfologia, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 185-208, jan./mar. 2020. DOI: 10.20502/rbg.v21i1.1447

EGGLETON, R.A. Mineralogy maketh mountains: Granitic landscapes shaped by dissolution. **Geomorphology**, v. 285, p. 363-373, 2017. DOI:10.1016/j.geomorph.2017.01.016

GINÉS, A. Karrenfield landscapes and karren landforms. In: GINÉS, A.; KNEZ, M.; SLABE, T.; DREYBRODT, W.(ed.). **Karst Rock Features, Karren Sculpturing**. 1ª ed. Ljubljana: Založba ZRC,2009.p.13-24. DOI: <https://doi.org/10.3986/9789610502968>

GOMES, E. L. M. **Mapeamento dos inselbergs em Quixadá e Quixeramobim, Ceará: Padrões morfológicos e distribuição**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2023. Disponível em: <<https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/75050>>.

LIMA, G. M. P.; CORREA-GOMES, L. C. Itatim Geomorphological Site: largest concentration of inselbergs in Brazil. In: VIEIRA, B. C. ; SALGADO, A. A. R.; SANTOS, L. J. C.. (orgs.). **Landforms and Landscapes of Brazil**, p. 371-380, Springer 2015. DOI: DOI: 10.1007/978-94-017-8023-0_34

MAIA, R. P.; NASCIMENTO, M. A. L.; BEZERRA, F. H. R.; CASTRO, H. S.; MEIRELES, A. J. A. Geomorfologia do Campo de Inselbergues de Quixadá, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasil, v. 16, n. 2, p. 239–253, 2015. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v16i2.651>

MAIA , R. P.; SOUZA, A. S. V. de. Inselbergs shaped by collapse: considerations on the structural control on granitic scarps . **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 25 (2), 2024. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v25i2.2412>

MIGÓN, P. **Granite landscapes of the world**. New York: Oxford University Press Inc., 417 p., 2006a. DOI: <https://doi.org/10.1093/oso/9780199273683.001.0001>

MUNIZ, L. F.; PEREIRA, J. M. RODRIGUES; XIMENES JÚNIOR, C. L.; STUDART, T. M. de C. Classificação climática para o Estado do Ceará utilizando distintos sistemas de caracterização. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS - SBRH, XXII.**, 26 nov. a 01 dez. 2017, Florianópolis, Santa Catarina Brasil. Anais [...] Florianópolis, Santa Catarina, 2017. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/54608>>.

NICHOLSON, D. T. Rock control on microweathering of bedrock surfaces in a periglacial environment. **Geomorphology**, v. 101, Issue 4, p. 655-665, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.03.009>.

NOGUEIRA, J. F.. **Estrutura, geocronologia e alojamento dos batólitos de Quixadá, Quixeramobim e Senador Pompeu-Ceará Central**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2004. 123p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/103013>.

PAULINO, R. C.; SILVEIRA, A.P.; GOMES, V. S. Flora de Inselbergues do Monumento Natural Monólitos de Quixadá, no sertão central do Ceará. **Iheringia**, Série Botânica., v. 73, n. 2, p. 182-190, 2018. DOI: <https://doi.org/10.21826/2446-8231201873110>

PINÉO, T. R. G; PALHETA, E. S. M.; COSTA, F. G.; VASCONCELOS, A. M.; GOMES, I. P.; GOMES, F. E. M. G.; BESSA, M. D. M. R.; LIMA, A. F.; HOLANDA, J. L. R.; FREIRE, D. P. C. **Mapa Geológico do estado do Ceará**. CPRM, 2020. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20418>>.

SANTOS, G. L. B. dos; MAIA, R. P.; TRAVASSOS, L. E. P.; SOUZA, A. S. V. de. Origin and evolution of solutional features on granitic inselbergs. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 25(1), 2023. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v25i1.2469>

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF. 356 p., 2018. ISBN-9788570358004

SOUZA, A. S.; MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H.; MIGOÑ, P.; SIAME, L. L. Granitic inselberg erosion controlled by dike swarm array in semiarid Brazil. **Geomorphology**, p. 108865, 2023. DOI: 10.1016/j.geomorph.2023.108865

TRAVASSOS, L. E. P. **Princípios de carstologia e geomorfologia cárstica**. 1ª ed. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2019. 242p. ISBN: 978-65-5024-003-5. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cavernas/publicacoes/ce_cav_principiosdecarstologia.pdf>.

TWIDALE, C.R.; BOURNE, J.A. Rock basins (gnammas) revisited. **Géomorphologie: relief, processus, environnement**, v. 24, n. 2, p. 139-149, 2018. DOI: 10.4000/geomorphologie.11880.

TWIDALE, C. R.; VIDAL ROMANÍ, J. R. **Landforms and Geology of Granite Terrains**. Boca Ratón, USA: CRC Press, 362 p., 2005. DOI: 10.13140/RG.2.1.1595.6722

VERESS, M. The KARREN and KARREN formation of bare slopes. **Earth-Science Reviews**, v. 188, p. 272-290, 2019. DOI: 10.1016/j.earscirev.2018.11.006