

Revisões de Literatura da Geomorfologia Brasileira



caliandra



ORGANIZADORES

Osmar Abílio de Carvalho Júnior
Maria Carolina Villaça Gomes
Renato Fontes Guimarães
Roberto Arnaldo Trancoso Gomes



CONSELHO EDITORIAL

Membros internos:

Prof. Dr. André Cabral Honor (HIS/UnB) - **Presidente**

Prof. Dr. Herivelto Pereira de Souza (FIL/UnB)

Prof^ª Dr^ª Maria Lucia Lopes da Silva (SER/UnB)

Prof. Dr. Rafael Sânzio Araújo dos Anjos (GEA/UnB)

Membros externos:

Prof^ª Dr^ª Ângela Santana do Amaral (UFPE)

Prof. Dr. Fernando Quiles García (Universidad Pablo de Olavide - Espanha)

Prof^ª Dr^ª Ilía Alvarado-Sizzo (UniversidadAutonoma de México)

Prof^ª Dr^ª Joana Maria Pedro (UFSC)

Prof^ª Dr^ª Marine Pereira (UFABC)

Prof^ª Dr^ª Paula Vidal Molina (Universidad de Chile)

Prof. Dr. Peter Dews (University of Essex - Reino Unido)

Prof. Dr. Ricardo Nogueira (UFAM)



A UnB quem faz
é a gente

Organizadores: Osmar Abílio de Carvalho Júnior
Maria Carolina Villança Gomes
Renato Fontes Guimarães
Roberto Arnaldo Trancoso Gomes

Título: Revisões de Literatura da Geomorfologia Brasileira

Volume: 1

Local: Brasília

Editor: Selo Caliandra

Ano: 2022

Parecerista: João Cândido André da Silva Neto

Capa: Luiz H S Cella



Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0)

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília
Heloiza Faustino dos Santos - CRB 1/1913

R454 Revisões de literatura da geomorfologia brasileira [recurso eletrônico] / organizadores Osmar Abílio de Carvalho Júnior ... [et al.]. – Brasília : Universidade de Brasília, 2022.
1057 p. : il.

Inclui bibliografia.

Modo de acesso: World Wide Web:
<<http://caliandra.ich.unb.br/>>.
ISBN 978-65-86503-85-2.

1. Geomorfologia - Brasil. I. Carvalho Júnior, Osmar Abílio de.

CDU 551.4

Lista de autores

Abner Monteiro Nunes Cordeiro
Adão Osdayan Cândido de Castro
Alberto Oliva
Alex de Carvalho
Ana Camila Silva
André Augusto Rodrigues Salgado
André Luiz Carvalho da Silva
André Paulo Ferreira da Costa
Antônio Carlos de Barros Corrêa
Antonio José Teixeira Guerra
Antônio Pereira Magalhães Junior
Antonio Rodrigues Ximenes Neto
Archimedes Perez Filho
Beatriz Abreu Machado
Breno Ribeiro Marent
Bruno Venancio da Silva
Carlos de Oliveira Bispo
Carmélia Kerolly Ramos de Oliveira
César Augusto Chicarino Varajão
Claudia Rakel Pena Pereira
Cristiano da Silva Rocha
Cristina Helena Ribeiro Augustin
Daniel Françoso de Godoy
Daniel Peifer
Danielle Lopes de Sousa Lima
Danilo Vieira dos Santos
David Hélio Miranda de Medeiros
Delano Nogueira Amaral
Dirce Maria Antunes Suertegaray
Edison Fortes
Edivando Vitor do Couto
Eduardo Souza de Moraes
Edwilson Medeiros dos Santos
Éric Andrade Rezende
Fabiana Souza Ferreira
Fábio Perdigão Vasconcelos
Fabrizio de Luiz Rosito Listo
Fabrizio do Nascimento Garritano
Felipe Gomes Rubira
Flávio Rodrigues do Nascimento
Francisco Dourado
Francisco Edmar de Sousa Silva
Francisco Leandro de Almeida Santos
Frederico de Holanda Bastos
Gisele Barbosa dos Santos
Giselle Ferreira Borges
Guilherme Borges Fernandez
Hugo Alves Soares Loureiro
Idjarrury Gomes Firmino
Isabel Cristina Moroz-Caccia Gouveia
Jáder Onofre de Moraes
Jémison Mattos dos Santos
João Paulo de Carvalho Araújo
José Fernando Rodrigues Bezerra
Juliana Sousa Pereira
Julio Cesar Paisani
Jurandyr L. Sanches Ross
Karine Bueno Vargas
Kleython de Araújo Monteiro
Laryssa Sheydder de Oliveira Lopes
Leonardo dos Santos Pereira
Leonardo José Cordeiro Santos
Letícia Augusta Faria de Oliveira
Lidriana de Souza Pinheiro,
Lígia Padilha Novak
Luiz Fernando de Paula Barros
Manoel do Couto Fernandes
Marcel Hideyuki Fumiya,
Marcelo Martins de Moura Fé
Marcos César Pereira Santos
Maria Bonfim Casemiro
Mariana Silva Figueiredo
Marli Carina Siqueira Ribeiro
Martim de Almeida Braga Moulton
Michael Vinicius de Sordi
Mônica dos Santos Marçal
Neiva Barbalho de Moraes
Nelson Ferreira Fernandes
Nelson Vicente Lovatto Gasparetto
Oswaldo Girão da Silva
Otávio Augusto de Oliveira Lima Barra
Otávio Cristiano Montanher
Paulo Cesar Rocha
Paulo de Tarso Amorim Castro
Paulo Roberto Silva Pessoa
Pedro Val
Peter Christian Hackspacher
Rafaela Soares Niemann
Raphael Nunes de Souza Lima
Roberto Marques Neto

Roberto Verdum
Rodrigo Vitor Barbosa Sousa
Rubson Pinheiro Maia
Sandra Baptista da Cunha
Sarah Lawall
Sérgio Cadena de Vasconcelos
Sérgio Murilo Santos de Araújo
Silvio Carlos Rodrigues
Silvio Roberto de Oliveira Filho
Simone Cardoso Ribeiro
Tania Cristina Gomes

Thais Baptista da Rocha
Thiago Gonçalves Pereira
Thiago Pereira Gonçalves
Thomaz Alvisi de Oliveira
Tulius Dias Nery
Úrsula de Azevedo Ruchkys
Vanda de Claudino-Sales
Vanessa Martins Lopes
Vinícius Borges Moreira
Vitor Hugo Rosa Biffi

PREFÁCIO

O presente livro consiste em um conjunto de revisões sobre os avanços teóricos e tecnológicos nos diversos temas da Geomorfologia. Concebido para estar em uma plataforma on-line com acesso gratuito, o livro destina-se aos cursos de graduação e pós-graduação que utilizam os conhecimentos geomorfológicos, incluindo Geografia, Geologia, Ecologia, Engenharia, Planejamento Territorial, entre outros. Para atender o escopo e o desafio imposto, a obra possui um total de 36 capítulos que congregam 111 pesquisadores das diversas regiões do Brasil, trazendo relatos relevantes de nossa paisagem e dos avanços alcançados pela Geomorfologia brasileira. Os capítulos do livro estão segmentados em contextos temáticos e geográficos de estudo, incluindo: dinâmica fluvial, ambientes costeiros, evolução de vertentes, micro relevo, ambientes cársticos, geomorfologia regional, geomorfologia estrutural; mapeamento geomorfológico, patrimônio natural, mitigação de riscos naturais; interações pedo-geomorfológicas, etnogeomorfologia, modelos numéricos, novas abordagens tecnológicas em geomorfologia. Além de abranger os conceitos e o estado da arte na análise dos processos e sistemas geomorfológicos, os capítulos realizam uma visão crítica dos diversos temas abordados.

Na última década, inúmeros avanços foram alcançados com o aumento da disponibilidade de dados de monitoramento da superfície terrestre, métodos computacionais e compartilhamento de experiências. A grande quantidade de dados e métodos resulta em novos desafios de análise e processamento na busca de respostas científicas dentro de uma apreciação crítica. A concepção desse livro integra revisões e discussões sobre essas novas abordagens teóricas, instrumentais e tecnológicas que passam a ter um fator primordial para estabelecer os novos rumos da ciência geomorfológica.

Dada a magnitude continental do nosso território, não é surpreendente que a paisagem brasileira seja evidenciada e detalhada em suas peculiaridades nos textos. Portanto, vários capítulos exploram e refletem a natureza distinta da paisagem e da biota brasileira, revelando os processos naturais e as perturbações antrópicas que alteram o meio ambiente e desencadeiam processos erosivos, movimento de massa, inundações, entre outros. Nesse contexto, as pesquisas aplicadas são extremamente oportunas devido à alta demanda para solução de problemas prementes e complexo de nossos ambientes e sociedade, necessitando continuamente de alternativas, novos conceitos, perspectivas tecnológicas e inovações metodológicas. Muitos capítulos abordam revisões sobre trabalhos aplicados na investigação geomorfológica e resolução de problemas, normalmente desencadeados por perturbações humanas com consequências variadas nos diferentes sistemas.

Os editores abnegaram a oportunidade de contribuir com capítulos para garantir a imparcialidade na seleção dos textos que compõe o livro. Por fim, os editores agradecem especialmente a União de Geomorfologia Brasileira e a todos os colaboradores que contribuíram com seus conhecimentos específicos para a elaboração dessa obra abrangente e de grande relevância para o conhecimento da Geomorfologia nacional.

Osmar Abílio de Carvalho Júnior
Maria Carolina Villaça Gomes
Renato Fontes Guimarães
Roberto Arnaldo Trancoso Gomes

SUMARIO

1. CONSIDERAÇÕES EPISTEMOLÓGICAS EM TORNO DA PESQUISA EM GEOMORFOLOGIA: DO PROJETO AO ARTIGO CIENTÍFICO

André Augusto Rodrigues Salgado
Alberto Oliva

----- 16

2. ARQUIVOS FLUVIAIS QUATERNÁRIOS NO INTERIOR CONTINENTAL: O CONTEXTO SERRANO DE MINAS GERAIS, BRASIL

Antônio Pereira Magalhães Junior
Luiz Fernando de Paula Barros
Alex de Carvalho
Letícia Augusta Faria de Oliveira

----- 39

3. PROCESSOS DE REORGANIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM NO BRASIL

Breno Ribeiro Marent
Éric Andrade Rezende
Michael Vinícius de Sordi
André Augusto Rodrigues Salgado

----- 76

4. AVALIAÇÃO INTEGRADA DE SISTEMAS FLUVIAIS: SUBSÍDIO PARA IDENTIFICAÇÃO DE VALORES PATRIMONIAIS

Carmélia Kerolly Ramos de Oliveira
Paulo de Tarso Amorim Castro
Úrsula de Azevedo Ruchkys

----- 98

5. GEOMORFOLOGIA FLUVIAL E GESTÃO DE RISCO DE INUNDAÇÕES

Claudia Rakel Pena Pereira
Sandra Baptista da Cunha

----- 124

6. AJUSTAMENTO FLUVIAL À AGROPECUÁRIA, URBANIZAÇÃO E RESERVATÓRIO E ANÁLISE CIENTOMÉTRICA DO IMPACTO DESSAS ATIVIDADES NOS RIOS BRASILEIROS	
Eduardo Souza de Moraes Otávio Cristiano Montanher	
-----	143
7. GEOMORFOLOGIA FLUVIAL DO BRASIL ASSOCIADA AO ATUAL CONTEXTO SOCIOAMBIENTAL	
Giselle Ferreira Borges Neiva Barbalho de Moraes Ana Camila Silva Leonardo dos Santos Pereira Sarah Lawall	
-----	176
8. CONTROLE TECTONO-ESTRUTURAL DOS SISTEMAS DE DRENAGEM: REVISÃO LITERÁRIA E PROPOSTAS METODOLÓGICAS	
Idjarrury Gomes Firmino Karine Bueno Vargas Edison Fortes	
-----	212
9. GEOMORFOLOGIA FLUVIAL E GESTÃO DOS RIOS NO BRASIL	
Mônica dos Santos Marçal Adão Osdayan Cândido de Castro Raphael Nunes de Souza Lima	
-----	240
10. INUNDAÇÕES E CONCEITOS CORRELATOS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ANÁLISE COMPARATIVA.	
Rodrigo Vitor Barbosa Sousa Paulo Cesar Rocha	
-----	265
11. SISTEMAS LACUSTRES INTERIORES: AVANÇOS E TÉCNICAS DE ESTUDO	
Gisele Barbosa dos Santos Paulo de Tarso Amorim Castro	
-----	278

12. EVOLUÇÃO MORFODINÂMICA DE PLANÍCIES COSTEIRAS:
DO QUATERNÁRIO AOS EVENTOS ATUAIS

Guilherme Borges Fernandez
Thais Baptista da Rocha
Silvio Roberto de Oliveira Filho
Sérgio Cadena de Vasconcelos
André Luiz Carvalho da Silva
Thiago Gonçalves Pereira
Martim de Almeida Braga Moulton

----- 308

13. MORFOLOGIA COSTEIRA EM LITORAIS URBANOS

Otávio Augusto de Oliveira Lima Barra
Fábio Perdigão Vasconcelos
Cristiano da Silva Rocha
Maria Bonfim Casemiro
Danilo Vieira dos Santos
Francisco Edmar de Sousa Silva
Delano Nogueira Amaral

----- 351

14. DELTAS DOMINADOS POR ONDAS: TRAJETÓRIA CONCEITUAL,
DINÂMICA E EVOLUÇÃO A PARTIR DE EXEMPLOS DO COMPLEXO
DELTAICO DO RIO PARAÍBA DO SUL

Thaís Baptista da Rocha
Sérgio Cadena de Vasconcelos
André Paulo Ferreira da Costa
Beatriz Abreu Machado
Mariana Silva Figueiredo
Lígia Padilha Novak
Thiago Pereira Gonçalves
Guilherme Borges Fernandez

----- 381

15. REGISTROS DAS VARIAÇÕES DO NÍVEL RELATIVO DO MAR NO
LITORAL BRASILEIRO E AS IMPLICAÇÕES
PERANTE A MORFOGÊNESE DE SUPERFÍCIES GEOMORFOLÓGI-
CAS EM AMBIENTES COSTEIROS

Felipe Gomes Rubira
Archimedes Perez Filho

----- 410

16. VALES INCISOS SUBMERSOS DA PLATAFORMA
CONTINENTAL SEMIÁRIDA DO BRASIL

Antonio Rodrigues Ximenes Neto
Lidriana de Souza Pinheiro
David Hélio Miranda de Medeiros
Paulo Roberto Silva Pessoa
Jáder Onofre de Moraes

----- 445

17. GEOMORFOLOGIA EÓLICA CONTINENTAL E OS
CAMPOS DE DUNAS HOLOCÊNICAS DO PAMPA NO RIO
GRANDE DO SUL, BRASIL

Tania Cristina Gomes
Roberto Verdum

----- 471

18. EROSÃO POR VOÇOROCAS: ESTADO DA ARTE

Juliana Sousa Pereira
Silvio Carlos Rodrigues

----- 499

19. MONITORAMENTO DA EROSÃO HÍDRICA NO BRASIL:
DOS MÉTODOS MANUAIS AOS DIGITAIS

Hugo Alves Soares Loureiro
Antonio José Teixeira Guerra
José Fernando Rodrigues Bezerra
Leonardo dos Santos Pereira
Fabrizio do Nascimento Garritano

----- 526

20. MOVIMENTOS DE MASSA: ESTADO DA ARTE,
ESCALAS DE ABORDAGEM, ENSAIOS DE CAMPO E LABORATÓRIO
E DIFERENTES MODELOS DE PREVISÃO

Fabrizio de Luiz Rosito Listo
Tulius Dias Nery
Carlos de Oliveira Bispo
Fabiana Souza Ferreira
Edwilson Medeiros dos Santos

----- 560

21.	MORFOGÊNESE DE MICRORRELEVOS SIMILARES A MURUNDUS NA PAISAGEM	
	Vinícius Borges Moreira Archimedes Perez Filho	
	-----	593
22.	APLAINAMENTO NO NOROESTE DO PARANÁ: DE MODELOS POLICÍCLICO À MORFOTECTÔNICA QUATERNÁRIA	
	Marcel Hideyuki Fumiya Edivando Vitor do Couto Leonardo José Cordeiro Santos	
	-----	615
23.	GEOMORFOLOGIA DO QUATERNÁRIO E GEOARQUEOLOGIA: ASPECTOS CONCEITUAIS, METODOLÓGICOS E APLICAÇÕES NO SUL DO BRASIL	
	Vitor Hugo Rosa Biffi Marcos César Pereira Santos Julio Cesar Paisani Nelson Vicente Lovatto Gasparetto	
	-----	648
24.	TERMOCRONOLOGIA APLICADA À EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO NORDESTE SETENTRIONAL DO BRASIL: UMA BREVE REVISÃO	
	Francisco Leandro de Almeida Santos Flávio Rodrigues do Nascimento Peter Christian Hackspacher (In Memoriam) Marli Carina Siqueira Ribeiro Bruno Venancio da Silva & Daniel França de Godoy	
	-----	677
25.	A TAXONOMIA DO RELEVO E A CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA REGIONAL	
	Jurandyr L. Sanches Ross Isabel Cristina Moroz-Caccia Gouveia	
	-----	701

26.	RELEVOS GRANÍTICOS DO NORDESTE BRASILEIRO: UMA PROPOSTA TAXONÔMICA	
	Frederico de Holanda Bastos Danielle Lopes de Sousa Lima Abner Monteiro Nunes Cordeiro Rubson Pinheiro Maia	
	-----	733
27.	REVISITANDO OS MODELOS CLÁSSICOS DE EVOLUÇÃO DO RELEVO	
	Daniel Peifer Cristina Helena Ribeiro Augustin	
	-----	759
28.	SUPERFÍCIES GEOMORFOLÓGICAS E MODELOS CLÁSSICOS DE EVOLUÇÃO DO RELEVO	
	Karine Bueno Vargas Idjarrury Firmino Michael Vinicius de Sordi	
	-----	793
29.	A GEOMORFOLOGIA NOS ESTUDOS INTEGRADOS DA PAISAGEM: ENFOQUE EVOLUTIVO E DINÂMICO NA INTERPRETAÇÃO DOS SISTEMAS GEOMORFOLÓGICOS	
	Roberto Marques Neto Thomaz Alvisi de Oliveira	
	-----	813
30.	ESTADO DA ARTE DOS ESTUDOS GEOMORFOLÓGICOS NO NORDESTE BRASILEIRO: UMA SÍNTESE (E VÁRIAS TESES)	
	Vanda de Claudino-Sales Antonio Carlos Barros Côrrea Kleython de Araújo Monteiro Rubson Pinheiro Maia	
	-----	845
31.	AS SUPERFÍCIES DE EROSÃO DO “BRASIL ORIENTAL”	
	César Augusto Chicarino Varajão	
	-----	875

32.	ETNOGEOMORFOLOGIA - RELAÇÕES ENTRE POPULAÇÕES TRADICIONAIS E A PAISAGEM FÍSICA	
	Simone Cardoso Ribeiro Vanessa Martins Lopes Osvaldo Girão da Silva Antônio Carlos de Barros Corrêa	
	-----	886
33.	DESAFIOS E PERSPECTIVAS DAS PESQUISAS SOBRE O PATRIMÔNIO GEOMORFOLÓGICO NO BRASIL	
	Vanda de Claudino-Sales Laryssa Sheydder de Oliveira Lopes	
	-----	910
34.	USO DO LIDAR NA GEOMORFOLOGIA: APLICAÇÕES E DESAFIOS FUTUROS	
	João Paulo de Carvalho Araújo Rafaela Soares Niemann Francisco Dourado Manoel do Couto Fernandes Nelson Ferreira Fernandes	
	-----	927
35.	MODELOS NUMÉRICOS DE EVOLUÇÃO DO RELEVO (LEMS) E SUA IMPORTÂNCIA PARA ESTUDOS DE EVOLUÇÃO DA PAISAGEM	
	Nelson F. Fernandes Daniel Peifer Pedro Val	
	-----	953
36.	SOLO HISTÓRICO DA DESERTIFICAÇÃO NO BRASIL	
	Jémison Mattos dos Santos Sérgio Murilo Santos de Araújo Dirce Maria Antunes Suertegaray	
	-----	1000

37. GEOMORFOLOGIA ESTRUTURAL:
REVISITANDO TEORIAS, MÉTODOS E ESTUDOS
DE CASO NO NORDESTE BRASILEIRO

Frederico de Holanda Bastos
Abner Monteiro Nunes Cordeiro
Marcelo Martins de Moura Fé

----- 1029

26. RELEVOS GRANÍTICOS DO NORDESTE BRASILEIRO: UMA PROPOSTA TAXONÔMICA

Frederico de Holanda Bastos¹, Danielle Lopes de Sousa Lima¹, Abner Monteiro Nunes Cordeiro¹ & Rubson Pinheiro Maia¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará (UECE), Campus do Itaperi, Fortaleza/CE, Brasil; fred.holanda@uece.br; danielle.llopes@hotmail.com; abnermncordeiro@gmail.com; rubsonpinheiro@yahoo.com.br

Resumo: Os granitoides são muito importantes para a Geomorfologia, justificando a ocorrência de algumas das mais espetaculares paisagens da Terra. Seus aspectos estruturais (composição mineralógica, deformações, fraturamentos, gênese, etc.) condicionam a ocorrência de diferentes tipos de micro e macroformas. No Nordeste brasileiro encontram-se diversas exposições graníticas que permitiram o desenvolvimento de uma expressiva gama de feições que demandam uma adequada classificação taxonômica. Dessa forma, o presente trabalho visa apresentar uma proposta taxonômica para a classificação de relevos graníticos, tomando como base as ocorrências no Nordeste do Brasil. Nessa perspectiva, essas feições foram organizados em dois grupos: as macroformas, abrangendo maciços, inselbergs, *bornhardts* e afloramentos rochosos; e as microformas, que foram divididas em microformas associadas com blocos graníticos (*boulders*, *tors*, *nubbins*, *castle koppies* e *pedestal rocks*), microformas de dissolução (*tafoni*, *honeycomb*, *canelura*, *gnamma* e *flared slope*) e microformas de fraturamento (*split rock* e *poligonal cracking*).
Palavras-Chave: Geomorfologia Estrutural, Semiárido Brasileiro, Taxonomia Geomorfológica, Granitoides.

Abstract: Granites are very important for Geomorphology, justifying the occurrence of some of the most spectacular landscapes on Earth. Its structural aspects, like mineralogy, deformation, fracturing and genesis, influence the occurrence of different types of micro and macro forms. In the Brazilian Northeast there are several granite outcrops that allowed the development of an expressive range of features that demand an adequate taxonomic classification. Thus, the present work aims to present a taxonomic proposal for the classification of granitic reliefs, based on occurrences in Northeast Brazil. In this perspective, these features were organized into two groups: macroforms, inserting the massifs, inselbergs, bornhardts and granitic outcrops; and microforms, which were divided into microforms associated with granite blocks (*boulders*, *tors*, *nubbins*, *castle koppies* and *pedestal rocks*), weathering microforms (*tafoni*, *honeycomb*, *karren*, *gnamma* and *flared slope*) and fracturing microforms (*split rock* and *polygonal cracking*).

Keywords: Structural Geomorphology, Brazilian Semi-arid, Geomorphological Taxonomy, Granitoides.

Tema: Geomorfologia Estrutural

1. INTRODUÇÃO

Os corpos graníticos constituem elementos litológicos de grande relevância para a Geomorfologia, contendo morfologias diversificadas e distribuídas nos mais diversos domínios morfoclimáticos globais (MIGÓN, 2006d), não existindo padrões específicos para paisagem granítica (TWIDALE, 1982). Os aspectos petrográficos e estruturais dos granitoides (composição mineralógica, planos de descontinuidade, baixa solubilidade, anisotropia, tamanhos dos cristais, etc.) condicionam a ocorrência de diferentes tipos de micro e macroformas (MIGÓN, 2006a).

O Nordeste brasileiro apresenta uma expressiva distribuição espacial de morfologias graníticas, que constituem importantes representantes geomorfológicos em termos mundiais (MIGÓN; MAIA, 2020). Os relevos graníticos do NE brasileiro estão associados à exposição de litologias pré-cambrianas das Províncias Borborema e São Francisco que, dependendo do contexto estrutural local, podem justificar diferentes níveis de exposição rochosa plutônica.

A formação de superfícies de aplainamento regionais com a respectiva exumação desses plútons tem sido objeto de diversos estudos geomorfológicos ao longo das décadas de 1950/60/70 no NE brasileiro, que interpretavam a morfogênese regional de longo tempo, a partir da Teoria da Pediplanação (KING, 1956; DRESH, 1957; BIGARELA; ANDRADE, 1964; MABESSONE; CASTRO, 1975).

No entanto, estudos recentes passaram a considerar a evolução das paisagens graníticas do NE brasileiro a partir da Teoria da Etchplanação (BÜDEL, 1982), que analisa a evolução dos mantos de intemperismo que recobrem os granitos, expondo as rochas sãs e os *boulders* (PEULVAST; BÉTARD, 2015; MAIA; NASCIMENTO, 2018; MAIA et al., 2018; CORDEIRO et al., 2018; LIMA et al., 2019).

Mesmo tratando-se de paisagens muito comuns em termos regionais, ainda não se constata uniformidade em termos taxonômicos nas pesquisas regionais, sendo muito comum a adoção de terminologias genéricas, sem significação geomorfológica e nenhum reconhecimento internacional. Cabe destacar que a classificação taxonômica de relevos graníticos não constitui uma tarefa fácil, tendo em vista que não existe uma uniformidade taxonômica, mesmo em termos internacionais (MIGÓN, 2006a)

Dessa forma, o presente trabalho visa apresentar, a partir de um vasto levantamento bibliográfico nacional e internacional, uma proposta de classificação taxonômica para as macro e micro formas graníticas, tendo como recorte espacial de análise o NE brasileiro.

2. CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA PARA RELEVOS GRANÍTICOS

Os corpos graníticos variam em tamanho, forma e posição (VIDAL ROMANÍ; TWIDALE, 2010). Entretanto, podem apresentar semelhança morfológicas, que podem ser explicadas em termos de estrutura, com curso e taxa de intemperismo e erosão, determinados pelas características estruturais da rocha desenvolvida durante a intrusão do magma (VIDAL ROMANÍ, 2008).

A classificação das formas graníticas para a geomorfologia é de grande relevância, tendo em vista que o comportamento do manto de intemperismo depende do equilíbrio entre a frente de intemperismo (*weathering front*) (MABBUTT, 1961), que tem grande influência sobre fatores topográficos e hidrogeológicos locais, e a redução da superfície exumada de lavagem (*wash surface*) por denudação, de maneira a expor as formas graníticas (TWIDALE; LAGEAT, 1994; THOMAS, 1994; SALGADO, 2007). As irregularidades da frente de intemperismo são condicionadas muitas vezes pela existência de falhas, fraturas e pelo arranjo da estrutura, inferindo-se que a ação do intemperismo não é uniforme (TWIDALE; LAGET, 1994).

Conforme Migón (2006d), não existe paisagem granítica “padrão”, podendo ocorrer formas e microformas que podem ser significativamente diferentes, mesmo quando localizadas de forma adjacente uma da outra (TWIDALE, 1982). Contudo, as formas graníticas não apresentam uma taxonomia peculiar, o que pode gerar incerteza na sua categorização (TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005). Entretanto, essas formas possuem diferenças nos padrões espaciais, morfológicos e evolutivos (LIMA et al., 2019).

Em termos de taxonomia geomorfológica, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) lançou uma metodologia para o mapeamento geomorfológico, apresentando cinco níveis taxonômicos para a classificação do relevo (BRASIL, 2009). As formas graníticas se encaixam na 5ª Ordem, que corresponde ao táxon das “Formas do Relevo Simbolizadas”, que são descritas como feições, que por sua dimensão espacial só podem ser representadas por símbolos lineares ou pontuais, a exemplo de cristas, inselbergs entre outros (BRASIL, 2009). Contudo, essa classificação é bastante genérica para as especificidades que as formas graníticas apresentam, tendo em vista a ação combinada dos processos atuantes na origem e evolução das formas que caracterizam a morfologia granítica.

Nesse contexto, os termos científicos podem subsidiar a classificação das macro e microformas graníticas, uma vez que possuem um significado descritivo, conceitual e categórico (UÑA ÁLVAREZ, 2008). Na Geomorfologia, os termos aplicados podem descrever as características do relevo, podendo refletir as diferentes condições de desenvolvimento e estágio de evolução. Deste modo, as terminologias têm um papel importante nas pesquisas geomorfológicas, assim como para a classificação/taxonomia do relevo, tendo em vista seu melhor entendimento (LIMA, 2018).

Portanto, tendo em vista as terminologias atuais e internacionalmente reconhecidas para a identificação e descrição dos relevos graníticos, assim como seus padrões

espaciais, morfológicos e evolutivos (MIGÓN, 2006a; TWIDALE, 1982, 1993; TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005), foi proposta a seguinte classificação (Quadro 1): **macroformas**, associadas ao desenvolvimento de maciços, lajedos, inselbergs e *bornhardts*, e **microformas**, associadas com blocos graníticos (*boulders*, caos de blocos, *nubbins*, *tors* e *castle koppies*), com feições de dissolução (*tafoni*, *alvéolos*, *caneluras* ou *karren*, *gnammas* e *flared slopes*) e com feições de fraturamento (*split rock* e *polygonal cracking*).

Quadro 1 – Classificação das formas de relevo graníticas.

ORDEM	TÁXON	CLASSES	SUBCLASSES	DESCRIÇÃO	MORFOLOGIA			
5°	Formas do Relevo Simbolizadas	Macroformas	-	Maciços	Úmidos/Subúmidos (com expressivo recobrimento regolítico)			
			-	-	Secos (com rochas expostas)			
			-	-	Tabulares (com recobrimento laterítico)			
			-	<i>Inselguebergs</i>	-			
			-	Inselbergs	Inselbergs típicos <i>Bornhardts</i> (inselbergs dômicos)			
			-	Lajedos e Afloramentos	-			
		Microformas	Blocos Graníticos	Boulders	<i>Boulders</i>	<i>Boulders</i>		
					Caos de Blocos			
				Tors	<i>Castle Koppies</i>			
					<i>Nubbins</i>			
			Formas de Dissolução	<i>Tafoni, Alvéolos, karren, Gnammas e Flared Slopes</i>	-			
				Formas de Fraturamento	<i>Split rock e polygonal cracking</i>	-		

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

2.1. Macroformas

As macroformas constituem expressivas feições residuais que se destacam ao longo de superfícies de aplainamento nordestinas com formas e dimensões variadas. Nessa perspectiva, seguindo critérios hierárquicos dimensionais, optou-se por dividir as macroformas em maciços, *inselgebirgs* e *inselbergs*.

2.1.1. Maciços

Os maciços constituem expressivas unidades topográficas e estruturais resultantes da sua maior rigidez litológica em comparação aos litotipos circundantes (ALLABY, 2013). Os maciços do Nordeste brasileiro se enquadram na tipologia relacionada às formas denudacionais (FAIRBRIDGE, 1968) cuja gênese deriva de erosão diferencial e exumação plutônica, no caso dos maciços graníticos.

Os maciços cristalinos do NE setentrional brasileiro correspondem comumente às áreas de expressão plutônica da Província Borborema. Essas morfologias estão, geralmente, associadas às zonas de cisalhamento neoproterozoicas de direção NE (NEVES; VAUCHEZ; ARCHANJO, 1995), que serviram de condutos crustais à ascensão do magma granítico, sendo responsáveis pelo alojamento de diversos corpos granitoides. Tais maciços apresentam relevos dissecados em cristas e colinas que contrastam com as topografias suavemente onduladas das extensas superfícies de erosão regionais (superfície sertaneja).

Enquanto remanescentes dos processos de erosão diferencial, os maciços graníticos constituem importantes registros da evolução morfotectônica e morfoclimática, dispondo-se na maioria dos casos como formas alongadas e fortemente dissecados por vales incisivos (MAIA; BEZERRA, 2015). Esses se distinguem da topografia aplainada das superfícies erosivas rebaixadas como sobressaltos topográficos, em função do controle litoestrutural, que confere ao embasamento uma resistência desigual.

Os maciços apresentam-se dissociados em vários volumes de relevos isolados cuja gênese está relacionada a soerguimentos cretáceos e pós-cretáceos seguidos da ação passiva da erosão diferencial. Portanto, os corpos plutônicos, da Província Borborema, foram expostos pela denudação de antigas áreas orogênicas e posteriormente retrabalhados pelos diversos agentes erosivos associados aos sistemas morfogenéticos cambiantes ao longo do tempo geológico (CORRÊA et al., 2010). Dessa forma, a erosão diferencial que se estabeleceu, tende a seguir os planos de deformação pré-cambriana definidos pelos diversos Lineamento estruturais regionais.

Dependendo da altitude e disposição desses maciços em relação aos sistemas de circulação atmosférica regionais, estes podem apresentar condições mesoclimáticas mais úmidas justificando a ocorrência de enclaves úmidos ou brejos de altitude (BÉTARD, 2008; SOUZA; OLIVEIRA, 2006) recobertos por profundos mantos de intemperismo, como é o caso da Serra da Meruoca (CE). Essa configuração morfopedológica apresenta grandes variações quando se refere aos maciços secos, cujos mantos de alteração são limitados ou até mesmo inexistentes, justificando inúmeros afloramentos.

Existem alguns maciços graníticos recobertos por couraças lateríticas que lhes condicionam topografias tabulares no seu platô (serras de Martins, Portalegre e Santana, no Rio Grande do Norte e serra do Quincuncá, no Ceará) (Figura 1).

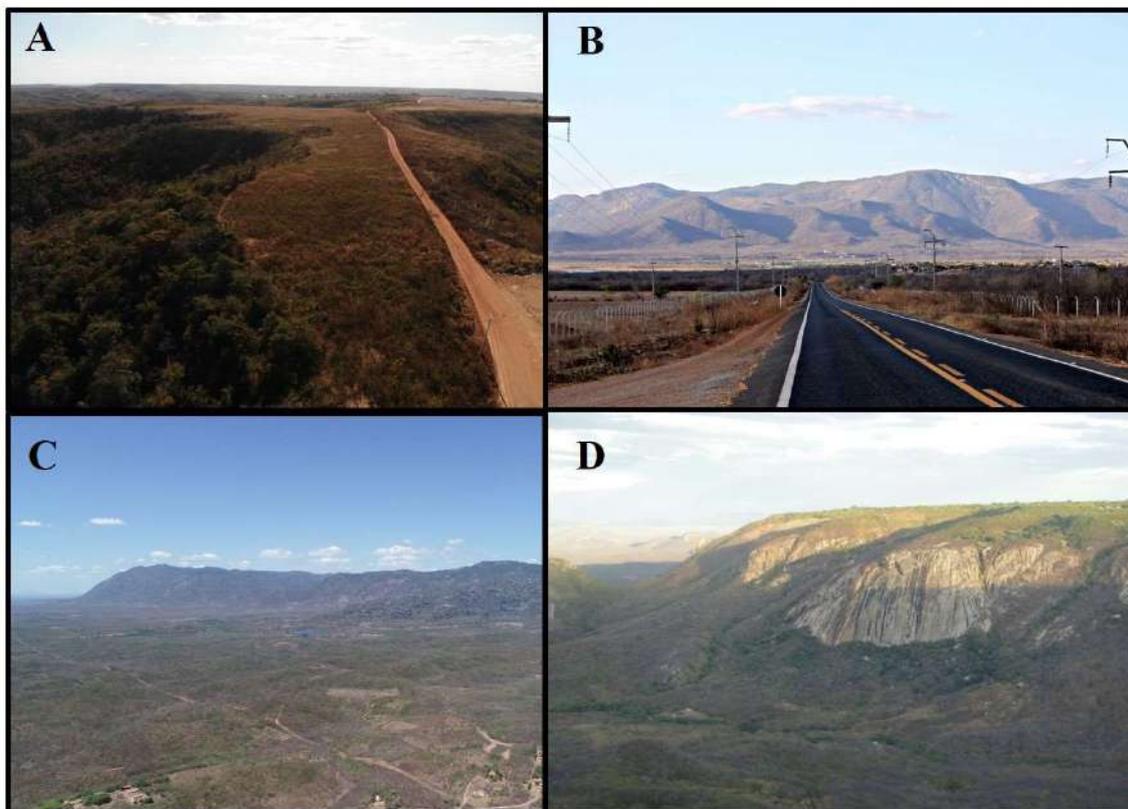


Figura 1. Exemplos de maciços graníticos nordestinos. A: Maciço do Quincuncá (CE) com recobrimento laterítico desenvolvido sobre material autóctone no topo do relevo; B e C: Maciço da Meruoca (CE), volume montanhoso sustentado por um batólito delimitado por falhas; D: Serra do Martins (RN) com recobrimento laterítico desenvolvido sobre material alóctone no topo do relevo. Foto: autores, 2019.

2.1.2. Inselbergs e *Inselgebirges*

Inselberg é um termo derivado do alemão que significa, literalmente, colina da ilha (*island hill*), sendo originalmente idealizado por Wilhelm Bornhardt no final do século XIX, usado para descrever relevos isolados ou agrupados que se destacam em grandes superfícies de aplainamento (2008; MIGÓN, 2006d). Os inselbergs são feições formadas por rochas mais resistentes ao intemperismo e à erosão do que aquelas que compõem a superfície rebaixada circunvizinha (TWIDALE, 1998). As razões para a sobrevivência de tais compartimentos incluem o maior espaçamento entre as fraturas, presença de massa rochosa primária pouco fraturada, enriquecimento em quartzo e/ou feldspato potássico, ou diferenças petrográficas (MIGÓN, 2006d).

A ocorrência de campos de inselbergs, de acordo com Matmon et al. (2013), é comum em climas áridos e semiáridos, mas sua origem está associada a sistemas erosivos relacionados ao ambiente tropical e subtropical (ROMER, 2007), onde o intemperismo profundo originou espessos regolitos (GOUDIE, 2004), cuja remoção ocorreria em climas

mais secos, o qual favorece a remoção do manto de alteração, originando esses sobressaltos do embasamento que constituem os inselbergs (MAIA et al., 2015).

Atualmente a Teoria da Etchplanação (BÜDEL, 1982) é a mais aceita para explicar a exumação e o desenvolvimento dessas formas de relevo (TWIDALE, 2002), pois cada vez mais, tem-se reconhecido que os componentes que regem a evolução associada aos campos de inselbergs estão relacionados a processos que ocorrem na base do regolito e não apenas em superfície (TWIDALE, 2002). Dessa forma, os inselbergs constituem um remanescente de erosão que pode fornecer informações importantes sobre a evolução geomorfológica dos terrenos em que ocorrem (MATMON et al., 2013).

No Nordeste brasileiro, vários campos de inselbergs graníticos são observados, sendo os mais expressivos os campos de inselbergs de Patos, na Paraíba (Figura 2-A); da região do Seridó, no Rio Grande do Norte; e de Quixadá, no Ceará e o de Itatim, na Bahia. Todas essas ocorrências estão associadas a um embasamento ígneo, resultante de intrusões graníticas que afetaram as Províncias Borborema e São Francisco a partir de várias orogenias que ocorreram no Pré-Cambriano.

A esse respeito, Maia et al. (2015) afirma que a maior ocorrência de inselbergs, no NE brasileiro, está relacionada aos núcleos granitoides com as menores densidades de fraturas, o que possibilitou sua manutenção como afloramento. Assim, os contrastes de composição ou densidade de fraturas são suficientes para iniciar diferenças nos padrões de intemperismo e erosão, resultando na formação de inselbergs (TWIDALE; VIDAL ROMANI, 2005).

Torquato et al. (1988) elencou que a diferenciação de fácies graníticas em escala regional pode exibir um importante comportamento geomorfológico. Assim, a principal evidência geomorfológica de um comportamento seletivo das fácies graníticas em relação à ação erosiva é derivada da ocorrência de inselbergs agrupados ou não.

Outra feição residual associada às rochas granitoides, de acordo com a literatura alemã são os *Inselgebirges* (BIGARELLA; BECKER; SANTOS, 2009). Essas feições, assim como os inselbergs, caracterizam-se como sobressaltos topográficos, dispondo-se na maioria dos casos como formas alongadas, isoladas ou agrupadas, que apresentam amplitude de maciços, sendo recortados por cristas e vales (DRESCH, 1962).

No Nordeste brasileiro a dimensão dos *inselgebirges* é inferior a 50km² de área, como é o caso dos exemplos da Serra da Barriga (Forquilha/CE) (Figura 2-D) e Serra Azul (Ibaretama/CE). Quando apresentam dimensão superior a 50 km² esses relevos residuais cristalinos passam a ser classificados como maciços, como é caso dos exemplos da Serra da Meruoca (Meruoca/CE), Serra de Uruburetama (Uruburetama/CE) e Serra das Matas (Monsenhor Tabosa/CE). Dentro dessa perspectiva hierárquica dimensional dos relevos residuais, pode-se classificar o inselberg como o menor (<10 km²), o *inselgebirge* com dimensão intermediária (entre 10 e 50 km²) e o maciço sendo o mais expressivo (>50 km²).

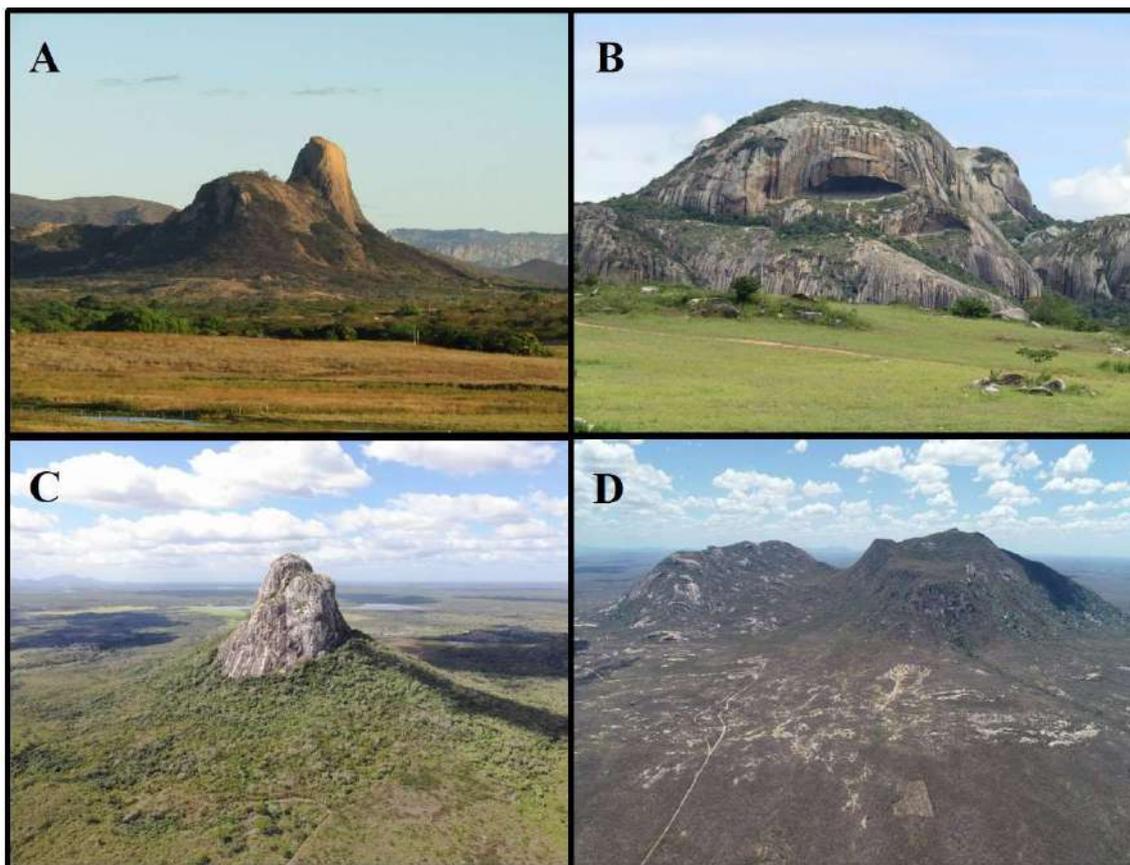


Figura 2. A: Inselberg em Patos (PB) com a presença de um “*half dome*” no seu topo; B: Inselberg dômico em Araruna (PB) denominado “*Pedra da Boca*”; C: Inselberg em Aracoiaba (CE) denominado “*Pedra Aguda*”; D: *Inselgebirge* em Forquilha (CE) desenvolvido no *stock* granítico Serra da Barriga cuja dimensão permitiu o desenvolvimento de um expressivo vale em sua área central. Foto: autores, 2019.

2.1.3. *Bornhardts* e *Pináculos Graníticos*

Os *bornhardts*, também conhecidos como inselbergs dômicos ou pontões, apresentam encostas côncavo-convexas e são constituídos por rocha maciça, com poucas discontinuidades estruturais, pouco regolito, geralmente com encostas nuas, apresentando topo achatado (TWIDALE, 1998) (Figura 3). Ocorrem em todas as zonas climáticas, sendo climaticamente azonais (MIGÓN, 2006a).

É importante destacar que os termos inselberg e *bornhardt* não são equivalentes, tendo em vista que os *bornhardts*, com todas as suas características supracitadas, também podem ocorrer em relevos acidentados e em terrenos montanhoso, e, portanto, não se configuram como inselbergs (MIGÓN, 2006b), podendo, nesse caso, ser classificado como pão de açúcar ou simplesmente como domo rochoso. Portanto, muitos inselbergs são *bornhardts*, mas nem todos os *bornhardts* são inselbergs (TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005), tendo em vista as características genéticas e de localização dessas formas de relevo.

Muitos especialistas atribuem a forma dômica característica dos *bornhardts* ao desenvolvimento do intemperismo físico (MIGÓN, 2006b), a exemplo da esfoliação esférica, associado às alterações químicas ocorridas através das diaclases de

descompressão. O avanço da esfoliação proporciona instabilidade, ocorrendo o desprendimento de placas rochosas que colapsam e originam depósitos residuais grosseiros do tipo caos de blocos na base dos *bornhardts* (CAMPBELL, 1997). Neste sentido, a topografia é consequente e subsequente à formação de fraturas paralelas à superfície que estão associadas ao estresse compressional (TWIDALE, 1998).

Cabe destacar que, assim como os inselbergs do NE brasileiro, os *bornhardts* também podem ocorrer de forma isolada, como no caso da Pedra Aguda (Aracoiaba/CE) (Foto 2-C) ou em agrupamento, como na vertente dissecada seca do Maciço de Uruburetama (CE) (Foto 3-D), nos arredores de Quixadá e Quixeramobim (CE) (Foto 3-B), Patos (PB), Itatim (BA) e Araruna (PB) (Foto 3-A). Tal configuração se deve à composição estrutural e litológica da intrusão em que se encontram tais feições.

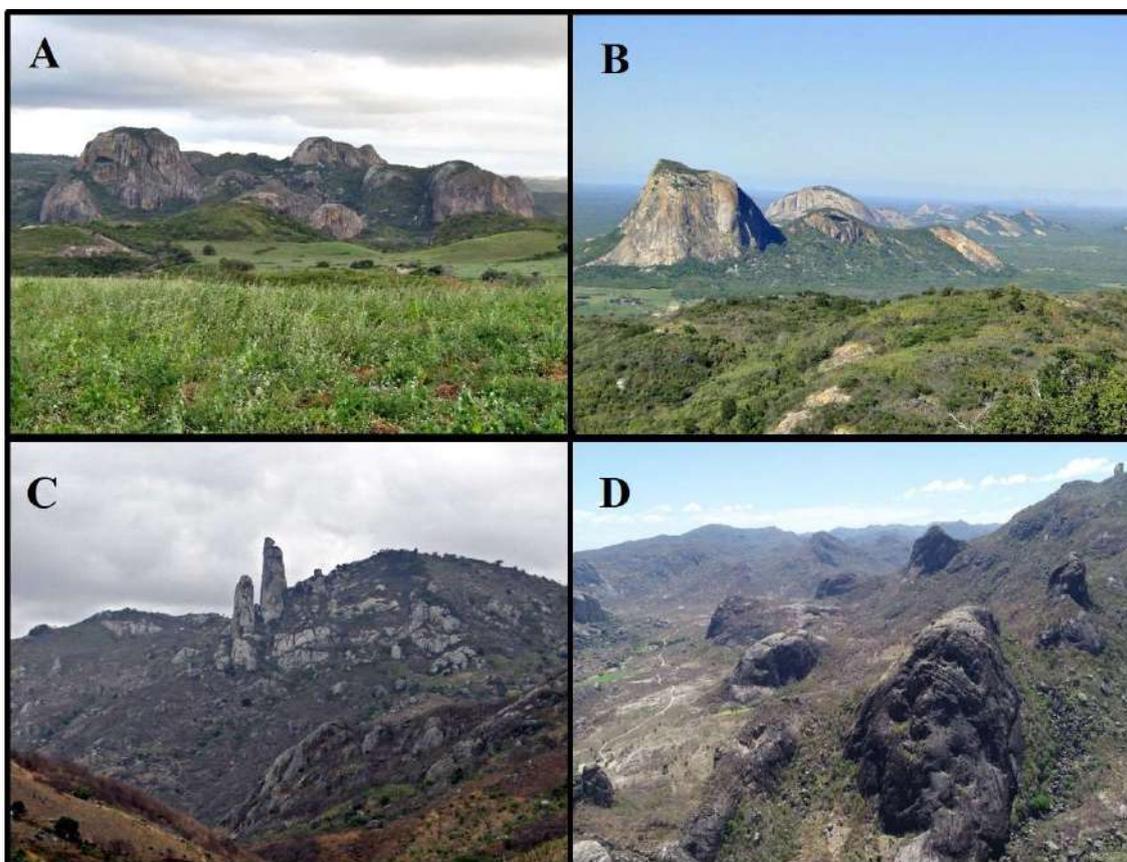


Figura 3. A: Bornhardts (domos rochosos) desenvolvidos em Araruna (PB) com destaque para a “Pedra da Boca” que representa um grande *tafone*; B: Bornhardts desenvolvidos em ortognaisses entre Quixadá e Quixeramobim (CE); C: Pináculos graníticos em Itapajé (CE) conhecido como “Pedra do Frade”; D: Domos rochosos na vertente seca do maciço de Uruburetama (Irauçuba/CE). Foto: autores, 2018.

Associados a encostas íngremes de alguns maciços graníticos da Província Borborema, despontam feições aguçadas, cuja classificação na geomorfologia granítica ainda não é muito clara. Tais feições apresentam-se como picos graníticos, com morfologia similar ao que ocorre no caso da Serra dos Órgãos-Rio de Janeiro, a exemplo do “Dedo de Deus”. Tendo em vista a dificuldade na adoção de terminologias precisas

para classificar tais formas, o presente trabalho considera aceitável adotar nomenclaturas como pico granítico ou pináculo granítico, como se observa no caso da Pedra do Frade, na encosta do Maciço de Uruburetama/CE (Foto 3-C).

2.1.4. Lajedos/Afloramentos

Algumas ocorrências de afloramentos de granitos ocorrem em setores isolados com topografias horizontalizadas (Fotos 4-A e 4-D) ou em encostas verticalizadas (Fotos 4-B e 4-C). Em ambos os casos, o afloramento está associado às limitações da ação pedogenética, seja pela declividade ou pelas condições climáticas agressivas, o que limita o desenvolvimento do solo e expõe a rocha matriz. Optou-se por considerar essa categoria como um exemplo de macroforma em rochas graníticas pela grande ocorrência no NE semiárido e pela dimensão de suas ocorrências, cuja escala se assemelha à das macrounidades anteriormente apresentadas.

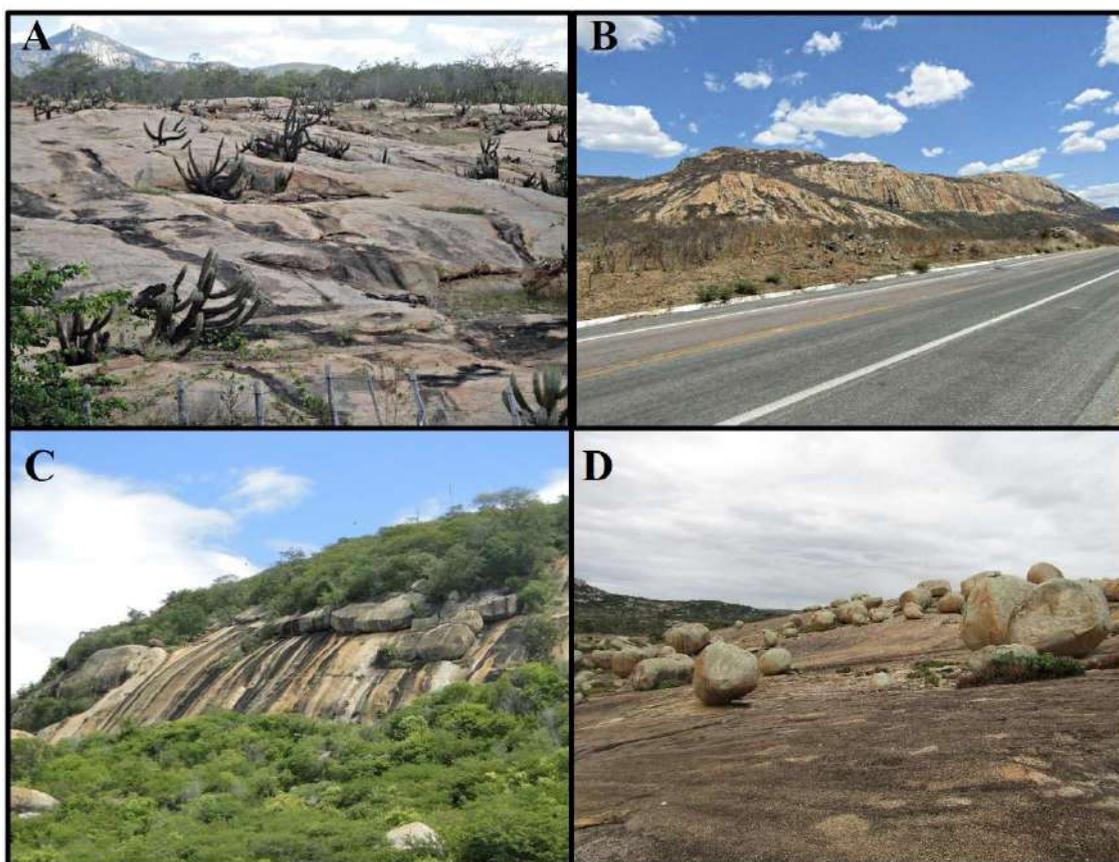


Figura 4. A: Lajedo (afloramento horizontalizado) em Sobral (CE) na base de um inselberg conhecido como “Pedra da Andorinha”; B: Afloramentos rochosos verticalizados desenvolvidos nos esporões da Serra do Pereiro (Alto Santo/CE) em setor denominado de “Serra dos Bastiões”; C: Afloramentos verticalizados com expressivo processo de esfoliação em Itaporanga (PB); D: Lajedo convexo com exumação de *boulders* em Cabaceiras (PB) (Lajedo de Pai Mateus). Foto: autores, 2018.

É importante destacar que feições de afloramentos verticalizados e lajedos podem ocorrer associados a diversas litologias, porém, no caso dos granitos, tais afloramentos possibilitam o desenvolvimento de microformas de dissolução, como, por exemplo,

cavidades negativas, que podem constituir *gnammas* ou *tafoni*, e de faturamento, dependendo dos aspectos estruturais e mineralógicos do granito aflorante.

2.2. Microformas relacionadas com blocos graníticos

Nas microformas associadas com blocos graníticos são desenvolvidos *boulders*, caos de blocos, *nubbins*, *tors* e *castle koppies*. São feições que resguardam, em sua morfologia, indicadores sugestivos de que tiveram sua formação e desenvolvimento em um paleoambiente epigênico possivelmente relacionado a sistemas meteóricos derivados de climas tropicais mais úmidos. Por essas feições se destacarem da rocha sã, não apresentando uma continuidade física com a mesma, tornando-se inadequada sua denominação como de *etchplains* (MIGÓN, 2006c, TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005), sendo melhor denominadas de relevos saprolíticos.

Para a formação dessas feições graníticas, o sistema de fraturas se constitui como o ponto de partida para a posterior individualização dos blocos e formação do relevo saprolítico (MIGÓN, 2006b). Esses fraturamentos poligênicos no corpo granítico se constituem como zonas de fraqueza estruturais, permitindo o acesso dos agentes intempéricos ao interior da rocha, acelerando os processos de meteorização. Posteriormente, com a remoção do manto de alteração (*grus*), permaneceram *in situ* os blocos de rocha inalterada ou pouco alterada (relevos saprolíticos), tendo em vista a incapacidade de sua remoção pelos agentes erosivos.

Dependendo da forma e da disposição dos blocos graníticos estes podem ser classificados de diversas maneiras. Dessa forma, optou-se por dividir os relevos associados com blocos isolados ou não sobrepostos (*boulders* e caos de blocos) e os sobrepostos que constituem os *tors* (*nubbins* e *castle koppies*).

2.2.1. Boulders e Caos de Blocos

Os *boulders* graníticos são os mais comuns, numerosos e amplamente distribuídos exemplos de formas de relevos graníticas, podendo ser encontrados de maneira isolada ou aglomerada (*clusters*) em diferentes configurações geográficas (TWIDALE, 1982) e climáticas (CAMPBELL; TWIDALE, 1995).

O processo de formação dos *boulders* graníticos está, geralmente, associado ao intemperismo seletivo em subsuperfície guiado por padrões de fraturas e concentrado ao longo destas (MIGÓN, 2006a). O espaçamento de fraturas determina o tamanho máximo e a forma geral dos *boulders*, enquanto que o seu grau de arredondamento e o tamanho real se reflete na duração e/ou intensidade do intemperismo em subsuperfície, devendo-se considerar também a litologia e as condições climáticas (MIGÓN, 2006d).

Antes de serem expostos os *boulders* são denominados *corestones* e caracterizados como compartimentos de rochas mais resistentes, ainda localizados no interior do manto de intemperismo (MIGÓN, 2006a). Contudo, a remoção do *grus* através da erosão leva à exposição do *corestone*, que passa a ser chamado de *boulder* (TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005).

Os *boulders* também podem ser transportados do seu local de origem, tendo em vista que algumas áreas são constituídas por *boulders* sem suporte, proporcionando seu deslocamento por gravidade (matacões), formando uma massa caótica de *boulders* ou caos de blocos (Fotos 5-C e 5-D), cuja morfologia pode ser atribuída às intempéries mais rápidas (TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005). Os caos de blocos são produtos da denudação seletiva de um manto de intemperismo com maior densidade de *corestones*, não tendo relação com a desintegração mecânica de afloramentos rochosos (MIGÓN, 2006a). Os caos de blocos tendem a se concentrar nos fundos de vales configurando uma nítida morfologia caótica associada ao material coluvial.

No Nordeste brasileiro os *boulders* são muito comuns merecendo destaque a expressiva ocorrência de Cabaceiras (PB) em um local conhecido como Lajedo de Pai Mateus. Ao longo das encostas de maciços graníticos, como no caso das Serras da Meruoca e Uruburetama (Figura 5-D), são muito comuns caos de blocos associados a movimentos gravitacionais de blocos (matacão) (Figura 5-A).

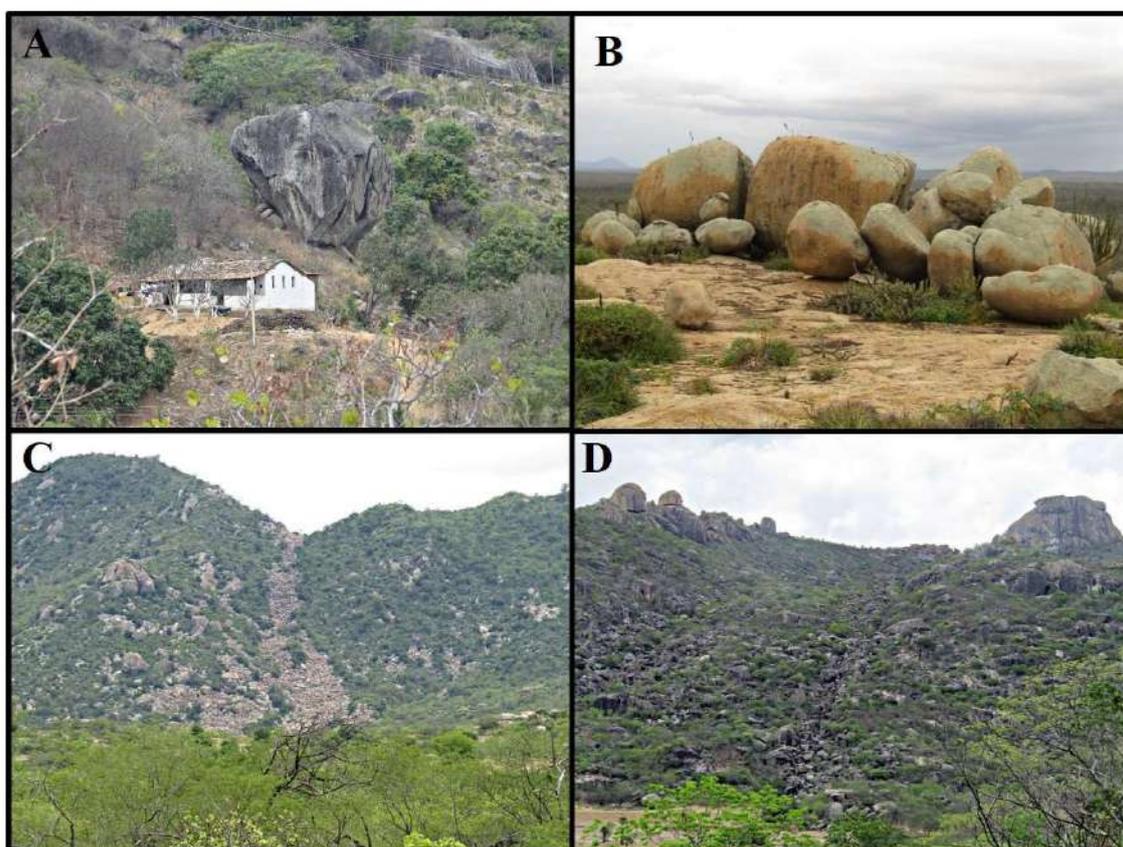


Figura 5. A: Matacão situado em uma encosta no platô do maciço de Uruburetama (Itapipoca/CE); B: *Boulders* situados em Lajedo de Pai Mateus (Cabaceiras/PB) que constitui a mais relevante ocorrência de relevos saprolíticos do Nordeste brasileiro; C: Caos de blocos em Caicó (RN); D: Caos de blocos situados nas encostas da vertente seca do maciço de Uruburetama (Irauçuba/CE). Foto: autores, 2018.

2.2.2. *Tors/Pedestal Rock/Nubbins/Castle Koppies*

Tor é um termo derivado do antigo galês *twr* ou *twrr* que significa uma pilha, referindo-se a um relevo empilhado, tratando de uma nomenclatura muito comum para se

referir a relevos formados por resíduos de rochas graníticas em várias partes do mundo (MIGÓN, 2006a). Os *tors* são massas residuais de rochas podendo ocorrer em diferentes contextos litológicos e com grande dispersão em termos globais. Suas morfologias apresentam estreita relação com as juntas e planos de deformacionais (EHLEN, 2006). Na presente abordagem consideraremos como *tors* os relevos residuais formados pela sobreposição de *boulders*, ao logo do Nordeste brasileiro.

Existem várias teorias para explicar a gênese dos *tors*, sendo a Teoria da Etchplanação de Büdel (1982), mundialmente consagrada para explicar o desenvolvimento dos *tors* (EHLEN, 2006). A forma e o tamanho dos *tors* são extremamente variados, contudo, apresentam uma característica em comum, são controlados por padrões de fraturas, isto é, por sua orientação, densidade e curvatura (MIGÓN, 2006a). Dependendo da forma dos *boulders* e da sua distribuição os *tors* podem ser divididos em *nubbins* e *castle koppies*.

Os *nubbins* são caracterizados como uma massa caótica de compartimentos de rocha destacados, apresentando rochas mais angulares ou arredondadas, embora algumas são chanfradas, podendo as suas formas coexistirem (MIGÓN, 2006a). A exposição dessas feições, e em particular, a evacuação do *grus*, faz com que os *nubbins* se tornem desorganizados à medida que caem por gravidade (TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005). Os *nubbins* podem se apresentar também como uma exposição de *boulders* sobre sobre um afloramento granítico dômico (TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005).

Os *castle koppies*, assim como os *nubbins*, são considerados como inselbergs acastelados e considerados as formas graníticas menos comum (MIGÓN, 2006a; TWIDALE, 2002). Essa feição granítica apresenta uma parte inferior maciça, e uma parte superior constituída por uma série de pilares, lados e fissuras (MIGÓN, 2006a), apresentando um contorno angular que reflete o padrão de fraturas ortogonais amplamente espaçadas e bem desenvolvidas (TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005). Esse padrão de fraturamento pode gerar focos de resistências, condicionando o surgimento de *castle koppies*, produzindo um empilhamento de blocos (Figuras 6-A e 6-B).

As rochas pedestal (*pedestal rock*) são outra classe de *tors*, que se caracterizam por consistir essencialmente de duas partes: um pilar estreito ou haste que suporta um topo muito maior, cujo estreitamento da parte inferior é o resultado de um intemperismo mais eficiente em subsuperfície (TWIDALE; CAMPBELL, 1992) (Figura 6-D).

No Nordeste brasileiro, constata-se uma ampla distribuição de *tors* ao longo dos afloramentos graníticos sendo os mais expressivos encontrados em Cabaceiras (PB), Irauçuba (CE), Meruoca (CE) e Caicó (RN).

2.3. Microformas de dissolução

As microformas de dissolução ocorrem ao longo de afloramentos rochosos e tendem a desenvolver-se seguindo fraquezas estruturais tais como fraturas, falhas, veios, xenólitos e enclaves máficos que permitem o desenvolvimento de nichos de intemperismo. Além desse controle estrutural, algumas formas de dissolução se

desenvolvem a partir de um contexto topográfico favorável à acumulação de água. Dentre os tipos de formas de dissolução destacam-se os *tafoni*, *alvéolos*, *caneluras* ou *karrens*, *gnammas* e *flared slopes*.

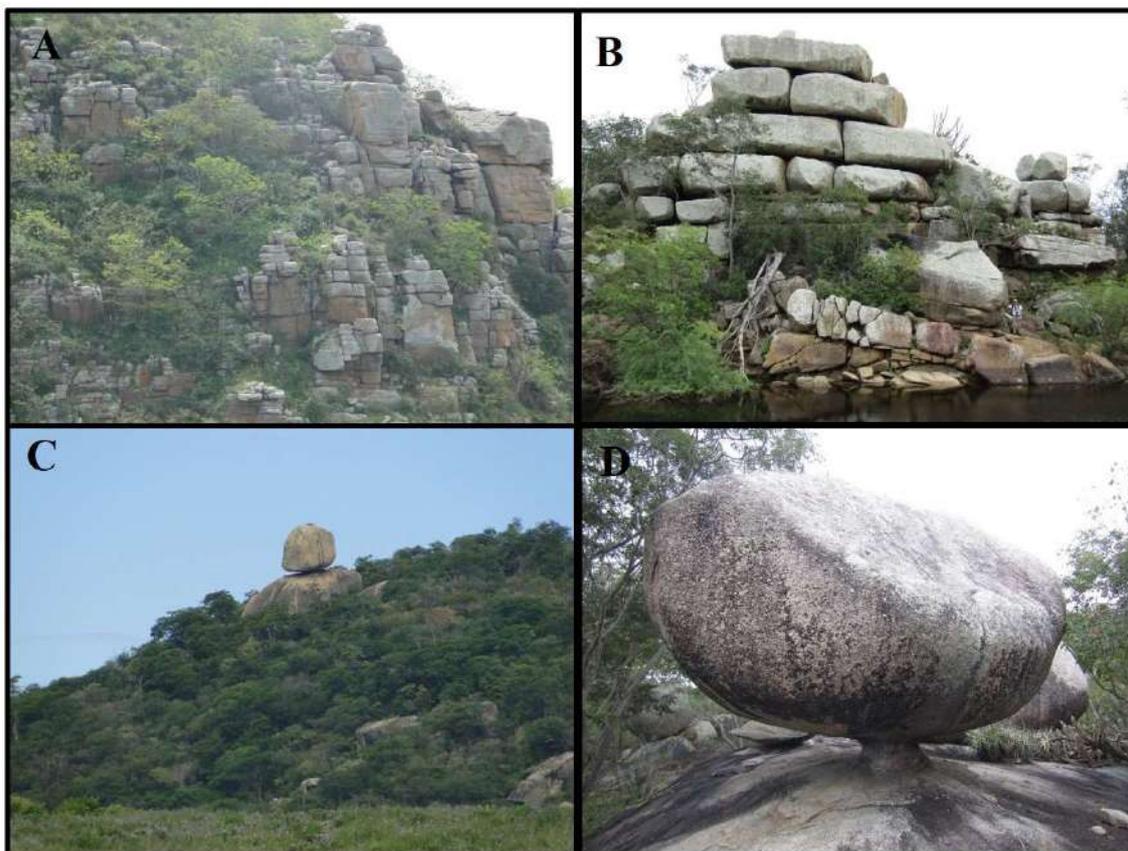


Figura 6. A: *Castle koppie* situado em Piranhas (AL); B: *Castle koppie* situado em Cabaceiras (PB) conhecido como “Saca de Lã” com padrão de faturamento ortogonal; C: *Tor* situado em Conceição (PB); D: *Pedestal rock* situado em Cabaceiras (PB) sustentando um *Boulder* de dimensões métricas. Foto: autores, 2018.

2.3.1. *Tafoni*/Honeycomb/Alvéolos

Tafoni (*tafone*-singular) é um termo proveniente da ilha de Córsega, na França, e que significa perfuração ou janela (ROQUÉ et al., 2013, TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005). Também pode ser definido como um oco, produzido por meteorização local em uma face rochosa íngreme (ALLABY, 2013). Tratam-se de formas resultantes do intemperismo cavernoso que normalmente possuem vários metros cúbicos de volume e têm entradas em forma de arco (GOUDIE, 2004) (Figuras 7-B e 7-D) e sua evolução permite o desenvolvimento de outras microformas em seu interior tais como alvéolos e *honeycombs* (MUSTOE, 1982) (Figura 7-C).

A origem dos *tafoni* tem sido associada a diferentes processos tais como erosão eólica, ciclos de umedecimento, haloclastia, termoclastia, crioclastia, dissolução de cimentos carbonatados e intemperismo epigênico (UÑA ÁLVAREZ, 2012). Em termos globais os *tafoni* têm uma distribuição ampla, sendo encontrado em todas as zonas morfoclimáticas da Terra, porém, são mais comuns e melhor desenvolvidos em ambientes

áridos e semiáridos (MIGÓN, 2006; TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005), onde a haloclastia exerce maior atividade (VIDAL ROMANÍ; TWIDALE, 2010). Os ambientes permanentemente úmidos parecem não favorecer o desenvolvimento do *tafoni*.

Essas cavidades, segundo Hejl (2005), possuem uma ampla gama de condições que podem controlar a sua formação e desenvolvimento. Assim, os mecanismos de controle da formação dos *tafoni* podem ser agrupados em quatro categorias: 1-propriedades mineralógicas e estruturais das rochas hospedeiras; 2-elementos topográficos independentes da formação do *tafoni* (características da encosta e do relevo pré-existent, como inselbergs ou blocos exumados); 3-As condições gerais do clima e da localização; 4-As condições microclimáticas criadas pelo e no próprio *tafone*.

Os *tafoni* ocorrem em uma ampla gama de tipos de rochas, mas especialmente em granitos de grãos médios e grosseiros, arenitos e calcários (WARD, 2006). Essas cavidades poligênicas e poliformes se formam a partir da expansão de um núcleo que vai progressivamente sendo consumido pelo intemperismo (VIDAL ROMANÍ, 1994). São formas de relevo desenvolvidas nos lados de baixo da estrutura, embora eles também ocorram nas laterais das paredes íngremes das rochas (TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005).

Nas diversas ocorrências analisadas no Nordeste brasileiro, os *tafoni* de parede geralmente têm formato alongado e horizontalizado, com uma reentrância erosional na forma de um abrigo cárstico. Em termos regionais merecem destaque os *tafoni* desenvolvidos nos afloramentos graníticos de Quixadá (MAIA et al., 2015) (Figura 7-D) e Irauçuba (LIMA et al., 2019) (CE), Araruna (PB) (MIGÓN; MAIA, 2020) (Figura 7-D) e Itatim (BA) (LIMA; CORRÊA-GOMES, 2015).

Outras feições tafoniformes muito interessantes são aquelas cavidades que se formam na base dos blocos de granito, denominados “*tafoni* basais”. Os melhores exemplos dessas feições são encontrados em Cabaceiras/PB. Tratam-se de feições côncavas que se expandem de forma ascendente da base do bloco granítico consumindo seu interior. Essa expansão amplia-se até o ponto de romper a lateral do bloco, gerando assim um acesso à parte interna do bloco (Figura 7-A).

Os termos *honeycomb*, *stone lattice*, *stone lace*, *alveolar weathering* e feições faveoladas (BIGARELLA, BECKER; SANTOS, 2009) são utilizados como sinônimos e ocorrem em vários tipos de rocha, incluindo arenitos, calcários, xistos e gnaisses (GOUDIE, 2006). Para Twidale e Vidal Romaní (2005), os tamanhos dos alvéolos estão relacionados com o tamanho do grão da rocha. O *honeycomb* é um tipo de intemperismo cavernoso, termo utilizado para descrever pequenos alvéolos, com apenas alguns centímetros de largura e profundidade, que são desenvolvidos tão próximos que são separados por uma parede estreita com apenas milímetros de espessura, e semelhante a um favo de mel (*honeycomb*) (Figura 7-C).

Geralmente ocupam o interior de cavidades maiores com tamanhos individuais que variam de escala centimétrica a decimétrica. Dessa forma, pode ocorrer nas paredes interiores dos *tafoni*, inferindo-se que o desenvolvimento do *honeycomb* é um estágio

inicial do processo de evolução do *tafoni* (TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005), sendo muitas vezes pensadas como uma versão pequena de vários *tafoni* (HUGGETT, 2007).

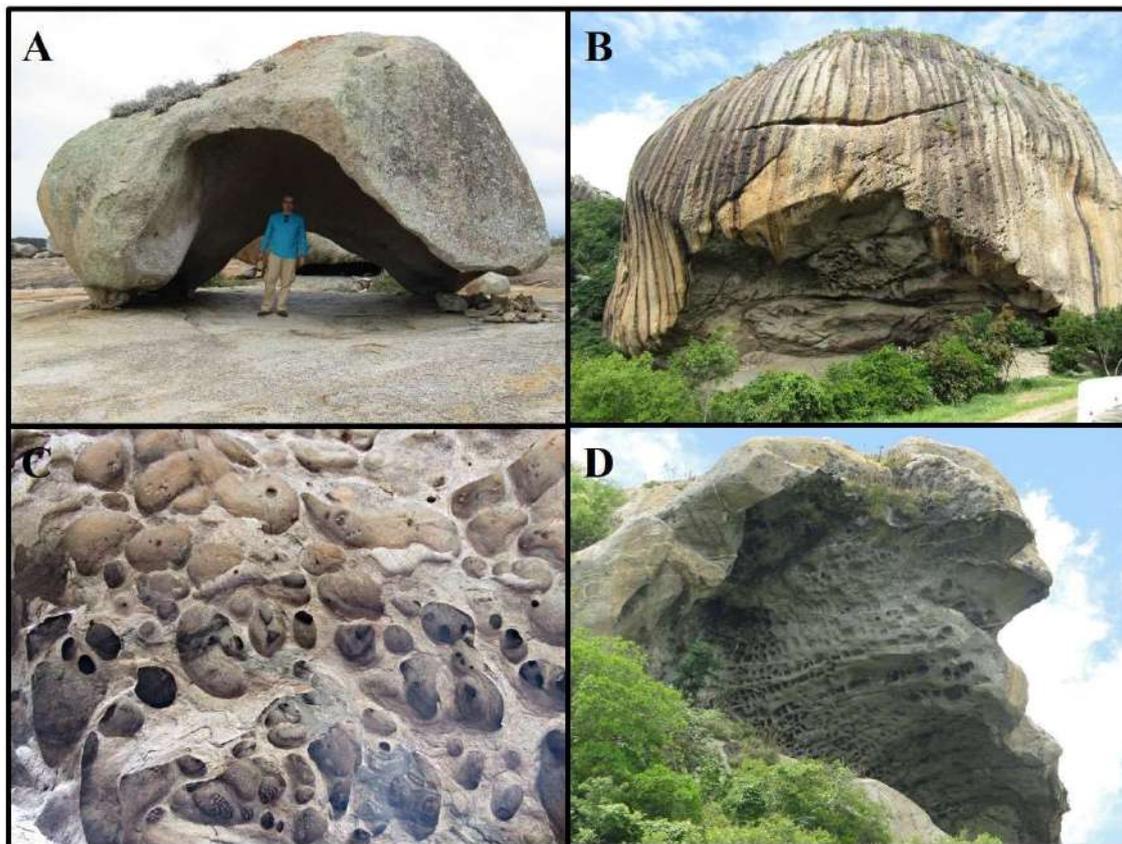


Figura 7. A: *Tafone* basal situado em Conceição (PB) conhecido como “Pedra do Capacete”; B: *Tafone* desenvolvido em inselberg dômico (Araruna/PB), cujo setor apresenta os maiores *tafoni* da Província Borborema; C: Desenvolvimento de *honeycombs* em Irauçuba/CE; D: *Honeycombs* desenvolvidos no teto de um *tafone* em Quixadá (CE). Foto: autores, 2018.

2.3.2. Canelura/Karren

Karren ou caneluras são sulcos formados sobre superfícies rochosas inclinadas e/ou verticais, variando em tamanho, sinuosidade e seção transversal (MIGÓN, 2006a) (Figura 8). Estes sulcos também são conhecidos como *rille*, *granitrille*, *silikatrille*, *karren* e *pseudokarren* em alemão; *lapiés* e *cannelures* em francês; *lapiáz* e *acanaladuras* em espanhol, entre outros (GOUDIE, 2006; HUGGETT, 2007; TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005). No entanto *karren* é a terminologia mais usada internacionalmente (PILÓ, 2000).

As formas isoladas de *karrens* ocorrem, mas os sistemas de sulcos paralelos são muito mais comuns (MIGÓN, 2006a). A ocorrência de *karren* é muito ampla, sendo identificados em diferentes domínios morfoclimáticos da Terra, sejam úmidos ou áridos (MIGÓN, 2006a). Essas microformas podem ocorrer em *boulders* isolados, *tors* e afloramentos (MIGÓN, 2006a).

Karren são geralmente considerados como um dos fenômenos típicos de superfície cárstica associados com rochas carbonáticas (GOUDIE, 2006; HUGGETT, 2007; PILÓ, 2000), porém, são muito frequentes em granitos (MIGÓN, 2006a). No entanto, os *karren*

desenvolvidos em granitos são menos diversificados do que os de calcários, pois a maioria dos *karren* graníticos apresentam uma ampla seção transversal em forma de U e são bastante rasas, tendendo a seguir linhas retas com sentido para baixo (MIGÓN, 2006a).

No Nordeste brasileiro as maiores ocorrências de *karren* foram observadas nos afloramentos de Quixadá (CE) (BRANNER, 1962) (Figura 8-B) e Araruna (PB) (Figura 8-C e 8-D) em granitos pórfiros ricos em feldspatos. Goudie (2006) considera que o desenvolvimento de *karren* é principalmente afetado pelo tipo e intensidade de processos químicos que atacam a rocha; pela característica da rocha, incluindo litologia, estrutura e a relação com a topografia circundante; pela natureza da crosta superficial; e o pelo tempo disponível, e as mudanças nas condições durante esse tempo para que os processos atuem.

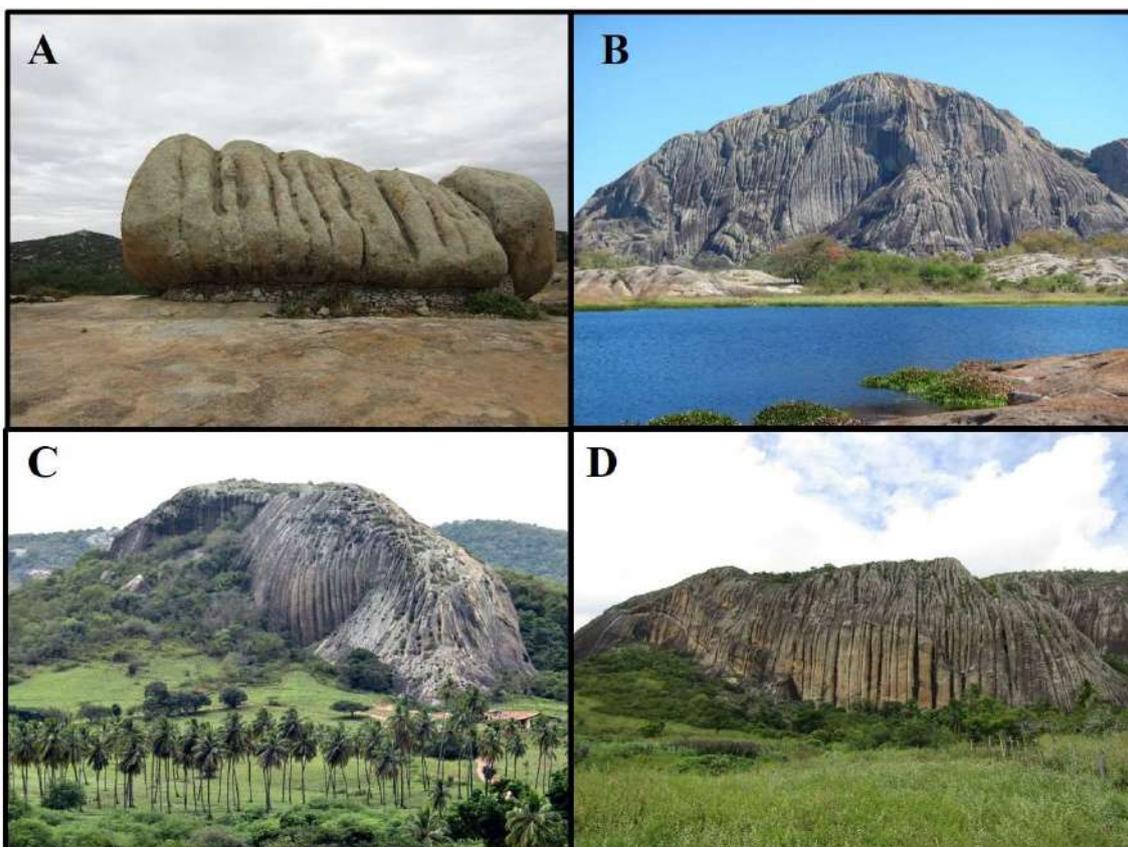


Figura 8. A: Sulcos de erosão (*karren*) desenvolvidos sobre um *boulder* em Cabaceiras (PB); B: Caneluras desenvolvidas sobre uma vertente escarpada de um *inselberg* em Quixadá (CE); C e D: Caneluras (*karren*) bastante desenvolvidas nas encostas de *inselbergs* em Araruna (PB). Foto: autores, 2018.

2.3.3. Bacia de Dissolução/Gnammas/Vasques

As bacias de dissolução (*weathering pits*) também são conhecidas como *rock basins*; *gnammas* na Austrália; *verwitterungsnäpfe*, *opferkessel*, *baumverfallspingen*, *felsschüssel* e *dellen* em alemão; *kociolki* na Polônia; *pias*, *cassolas* e *pilancones* em espanhol; *tanques* e *vasques* em Francês (MIGÓN, 2006a; TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005). Tais feições são identificadas em vários tipos de rochas silicásticas, com maior frequência em granitos e arenitos (GOUDIE, 2006; MIGÓN, 2006a) e possuem ampla distribuição geográfica.

As bacias de dissolução se caracterizam como pequenas depressões fechadas de variadas formas e tamanhos, podendo ser circulares, elípticas ou ovais, cujo diâmetro é normalmente da ordem decimétrica a métrica (TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005) (Figura 9). São formadas em afloramentos planos ou suavemente inclinados de calcário, granito, basalto, gnaiss, entre outros tipos de rocha (HUGGETT, 2007; MIGÓN, 2006a).

Muitas bacias de dissolução desenvolvidas em granitos apresentam forte relação com os enclaves que a geraram, sobretudo em seu estágio inicial de evolução, porém, a presença de enclaves não constitui um pré-requisito para a formação de *gnammas* mas sim um facilitador geomorfológico para sua formação. Em estágios mais avançados elas apresentam a forma côncava, com perfil esférico ou ovalado. Seu formato pode ser similar ao de uma marmitta, porém, completamente diferente do ponto de vista genético.

A origem das bacias de dissolução (*weathering pits*) e seu desenvolvimento ao longo do tempo ainda não é completamente explicada (GOUDIE, 2006). A maioria dos autores aceita o papel fundamental da estagnação da água da chuva nas depressões das superfícies das rochas; já outros indicam os processos químicos de solução como fundamentais; outros observam evidências de processos como a hidratação ou a ação mecânica da geada e do sal, além do intemperismo bioquímico (GOUDIE, 2006; MIGÓN, 2006a).

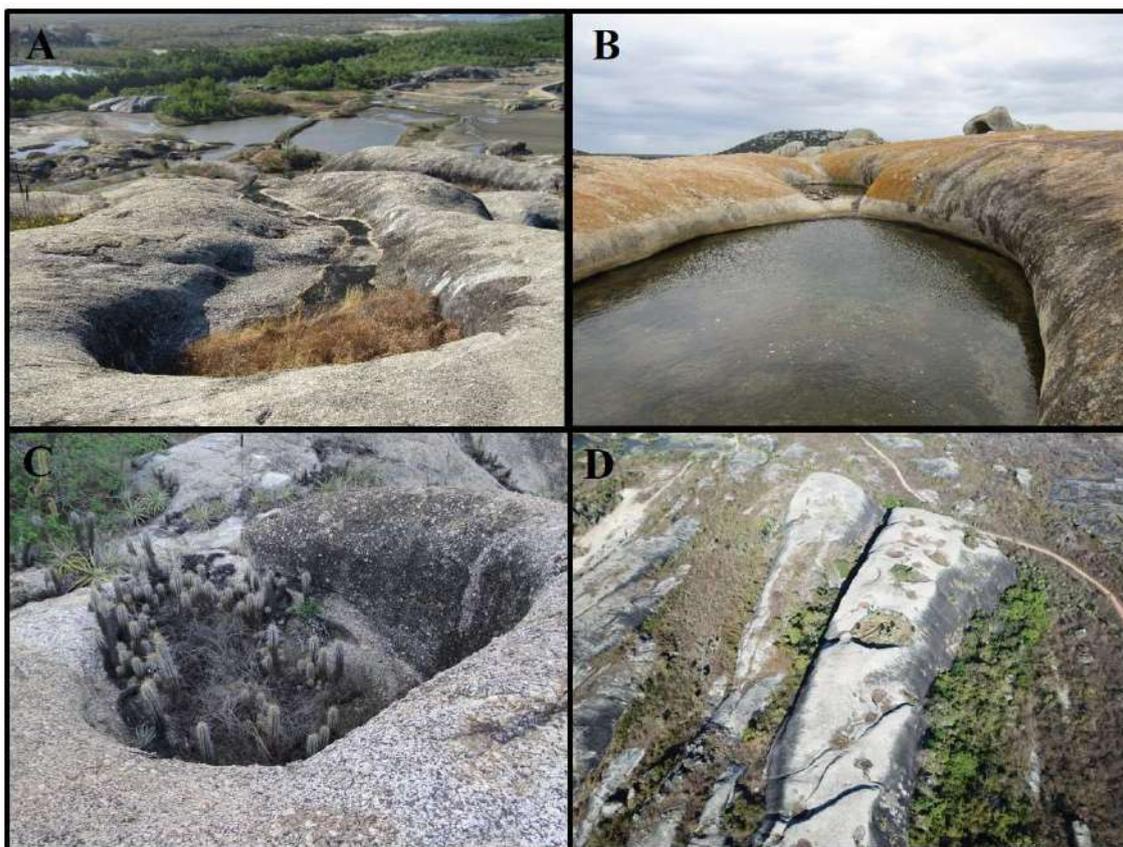


Figura 9. A: Início da evolução de uma *gnamma* contribuindo com o desenvolvimento de um *karrem* em Chaval (CE); B: Bacia de dissolução em Cabaceiras (PB); C: Bacia de dissolução em Quixadá (CE); D: Imagem aérea de *gnammas* desenvolvidas no topo de inselbergs dômicos em Chaval (CE). Foto: autores, 2019.

2.3.4. Flared Slope

As concavidades basais que ocorrem na base de afloramentos verticalizados são chamadas de *flared slopes* (TWIDALE, 1982; TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005) e podem estar associadas a paleoníveis de meteorização, alçados atualmente pelo rebaixamento erosivo do embasamento adjacente (Figura 10).

As *flared slopes* apresentam tamanhos variados, mesmo ao longo de um único afloramento, variando de dimensões decimétricas a métricas (MIGÓN, 2006b; TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005). As *flared slopes* podem ocorrer em vários níveis de altura, um acima do outro sendo conhecidos como *multiple flares* (MIGÓN, 2006a).

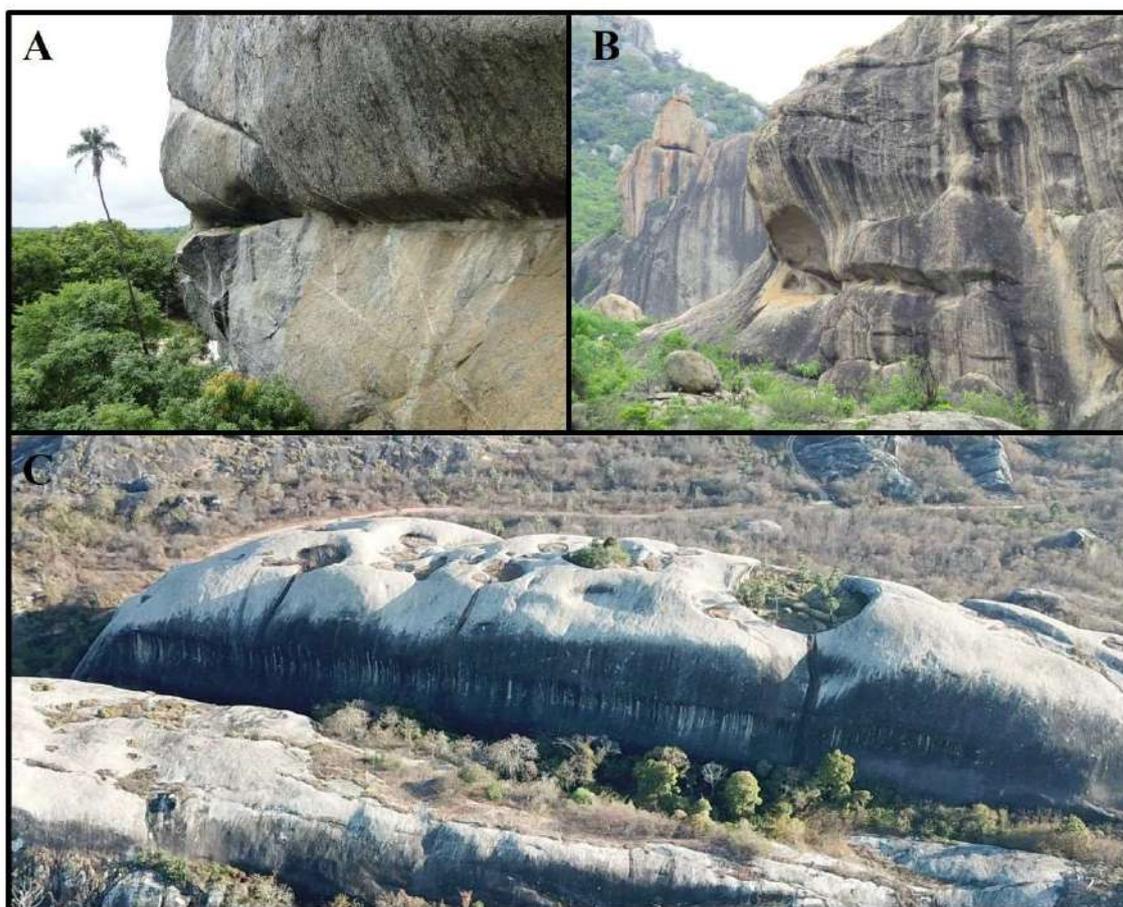


Figura 10. *Flared* (intemperismo negativo) desenvolvido em vertentes escarpadas de inselbergs graníticos em A-Quixadá (CE), B-Irauçuba (CE) e C-Chaval (CE). Observar o desenvolvimento de gnammas no topo do inselberg na Figura 10-C. Foto: autores, 2018.

As *flared slopes* ocorrem com maior frequência nas bases ou nas partes mais baixas das colinas e nos lados de *boulders* isolados, podendo também acompanhar formas de relevo em grande escala, sendo encontrados nas encostas de inselbergs e *bornhardts* (MIGÓN, 2006b; TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005). As *flared slopes* foram observadas e descritas em várias partes do mundo, em climas frios e quentes, áridos e úmidos, em áreas interiores e costeiras, terras altas e baixas, e em vários tipos de rocha, no entanto, são melhores e mais frequentemente desenvolvidas em rochas graníticas (TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005).

O modelo da etchplanação adequa-se muito bem para explicar a evolução dessas formas, pois pressupõe um período de estabilidade da superfície, durante o qual as *flared slopes* podem se desenvolver em subsuperfície, para serem posteriormente expostas (TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005).

2.3. Microformas de fraturamento

As feições graníticas de fraturamento merecem destaque pela sua singularidade e ocorrência no NE brasileiro, sendo elas o *split rock* e a *poligonal cracking*. Tais feições foram hierarquizadas na presente abordagem como microformas de fraturamento, tendo em vista seus aspectos morfológicos indicarem tais origens.

Cabe destacar que algumas feições graníticas anteriormente destacadas como de dissolução podem ter sua gênese associada a eventos de fraturamento, que provocaram planos de descontinuidade na rocha, permitindo e/ou facilitando a ação química, como é o caso de alguns *tafoni* associados a fraturas. Ou seja, os processos físicos e químicos ocorrem de forma conjunta.

2.3.1. Split Rock

Um dos componentes mais característicos de paisagens de granito são *boulders*, que ocorrem de forma isolada ou aglomerada (*clusters*). A maior evolução de *boulders* inclui endurecimento de capa, desenvolvimento de *tafoni* e divisão da rocha ao longo das fraturas verticais, levando à destruição do *boulder* (MIGÓN; GOUDIE, 2000).

Nesse sentido, muitos *boulders* são divididos em duas partes como resultado do desenvolvimento de fraturas, sendo denominado de *split rocks* (TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005) (Figura 11). De acordo Migón (2006a), não é incomum que os *boulders* sejam divididos em duas partes ao longo de uma única fratura vertical. Segundo o autor, essa divisão é melhor vista como uma resposta à distribuição do *stress* sofrido pelo peso da própria rocha, portanto, sem relação com as condições ambientais. O *stress* é liberado ao longo de uma fratura pré-existente ou latente, que se abre causando a divisão do *boulder* em duas ou mais partes (MIGÓN, 2006a). Esse tipo de feição é muito comum no município de Cabaceiras (PB) (Figuras 11-B e 11-C).

2.3.2. Poligonal Cracking

Algumas superfícies de *boulders* e afloramentos rochosos exibem redes de rachaduras rasas (*cracking*), que descrevem polígonos de geometria variável (MIGÓN, 2006b). Onde a *cracking* está bem desenvolvida, as superfícies das rochas têm a aparência de uma concha de tartaruga ou pele de crocodilo, cujo o fenômeno é comumente chamado de *tortoise-shell weathering* (WILLIAMS; ROBINSON, 1989).

As *cracking* descrevem polígonos, geralmente planos, pentagonais ou hexagonais, embora também ocorram padrões retilíneos e radiais (MIGÓN, 2006a). Contudo, o padrão mais comum é o ortogonal, com a forma irregular, apresentando polígonos de diferentes formas e tamanhos (TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005). A geometria das redes poligonais pode estar relacionada à textura da rocha, com padrões mais regulares desenvolvidas em uma rocha mais homogênea (MIGÓN, 2006a).

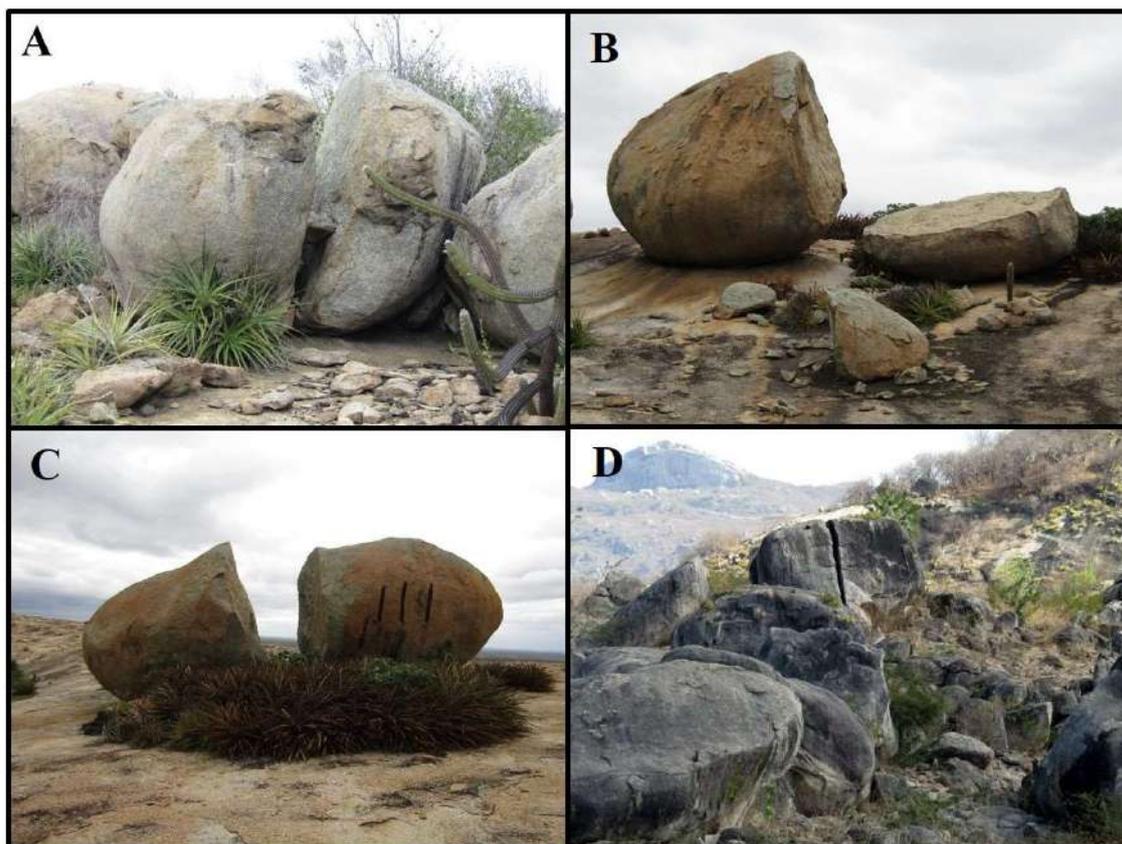


Figura 11. Exemplos de *split rock* (Boulders partidos ao meio) em A-Itapajé (CE), B e C – Cabaceiras e D -Irauçuba (CE). Foto: autores, 2018.

A *polygonal cracking* não se restringe às rochas graníticas, ocorrendo em uma variedade de tipos de rochas (WILLIAMS; ROBINSON, 1989) (Figura 12). As rochas graníticas nas quais a *polygonal cracking* se desenvolvem apresentam características equigranulares e de grãos médios, embora também tenham sido observados exemplos em rochas aplíticas (com grãos finos), contudo, onde o granito é porfírico (com grãos grosseiros), geralmente, não se observa *polygonal cracking* (TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005).

A origem dessas microformas não é totalmente compreendida e muitas explicações foram oferecidas, sendo a maioria delas específicas do local onde a *polygonal cracking* ocorre (MIGÓN, 2006a), não cabendo uma regra global. Williams e Robinson (1989) revisaram a maiorias das teorias propostas e concluíram que a *cracking* é causalmente relacionada à teoria da *surface crusting* (crosta superficial), inferindo que a *cracking* pode ser uma consequência direta da formação de crosta, ou uma consequência indireta, associada ao caráter frágil de algumas crostas que as tornam mais suscetíveis a *cracking* quando submetidas a tensões causadas por mudanças de temperatura e umidade.

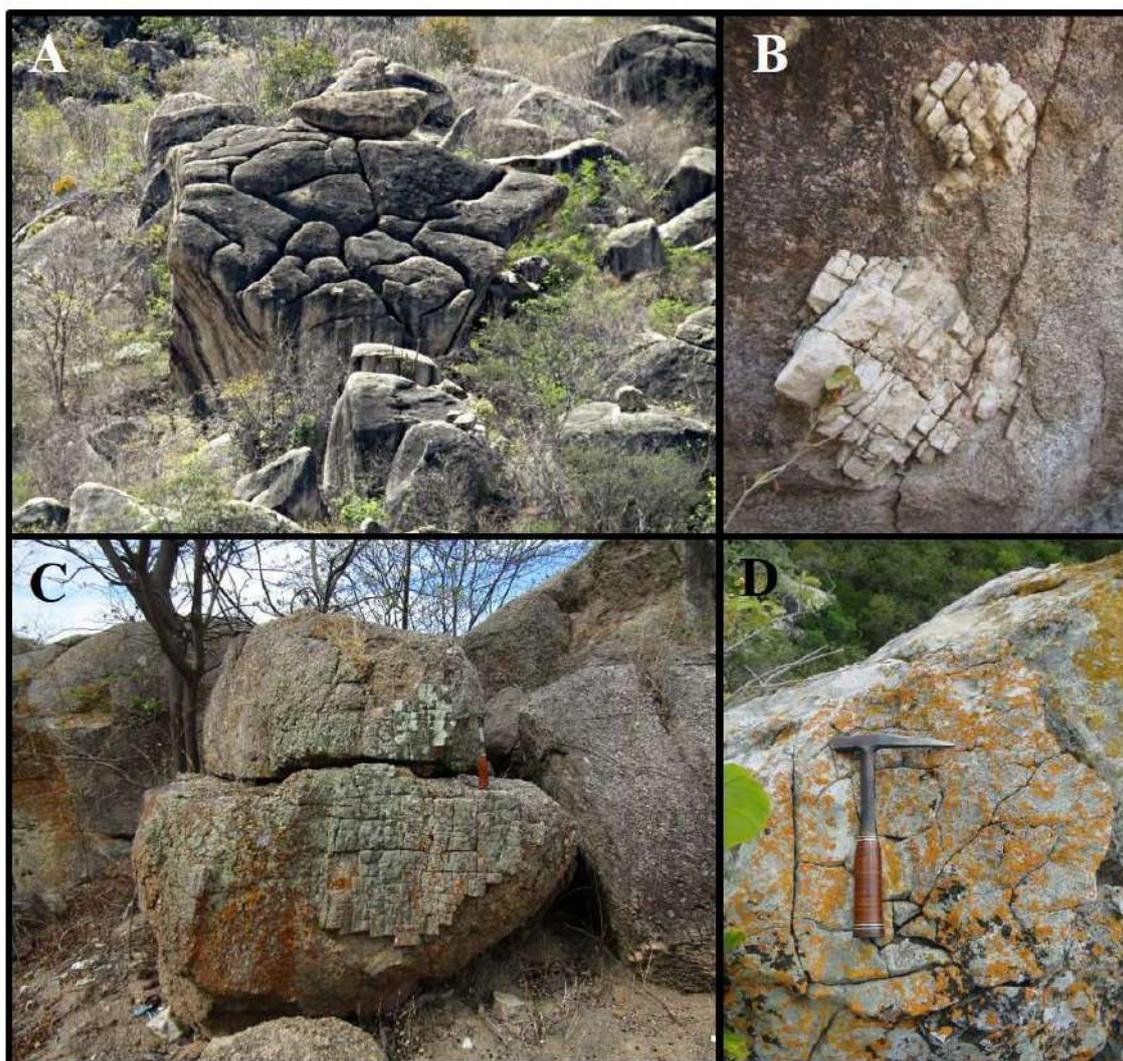


Figura 12. Diferentes exemplos de *poligonal cracking* no entorno do maciço de Uruburetama (CE) (A, B e C) e num afloramento na base de um inselberg em Aracoiaba (CE). Foto: autores, 2019.

3. CONCLUSÃO

Os relevos graníticos constituem importantes representantes morfoestruturais em termos regionais para o Nordeste brasileiro e guardam relevantes informações capazes de contribuir com a interpretação da morfogênese regional. A presente proposta pretende contribuir com uma melhor adaptação taxonômica dessas morfologias visando a utilização de terminologias internacionalmente reconhecidas, para que possamos fazer correlações dos termos locais com terminologias internacionais. Mesmo com avanços taxonômicos a geomorfologia de granitos no Nordeste brasileiro ainda tem muitas lacunas interpretativas a serem desvendadas acerca da gênese de algumas microformas que ainda constituem problemas geomorfológicos internacionais. Para tanto, espera-se que as pesquisas geomorfológicas regionais possam aplicar métodos geocronológicos capazes de contribuir na interpretação da origem desses relevos.

Referências Bibliográficas

- ALLABY, M. **A dictionary of geology and earth sciences**. 4. ed. New York: Oxford University Press, 2013. 672 p.
- BÉTARD, F.; PEULVAST, J. P.; CLAUDINO SALES, V. Avanços recentes na geomorfologia e pedologia do Estado do Ceará: o caso do maciço de Baturité e sua superfície de piso. **VII Simpósio Nacional de Geomorfologia e II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia**. Belo Horizonte, p. 1-11, 2008.
- BÉTARD, F. Montagnes humides au cœur du Nordeste brésilien semi-aride: "montagnes-refuges" et châteaux d'eau. **Norois**, v. 207, n. 2, p.35-53, 2008.
- BIGARELLA, J. J.; ANDRADE, G. O. Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozoicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). **Instituto de Ciências da Terra**, Recife, v. 2, p. 2-14, 1964.
- BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais**. 2. ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 2009. 425 p.
- BRANNER, J. C. Caneluras e caldeirões nos granitos nos trópicos. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 171, p. 621-634, 1962.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p.
- BÜDEL, J. **Climatic geomorphologie**. Tradução de L. Fischer e D. Busche. New Jersey: Princenton University Press, 1982. 443 p.
- CAMPBELL, E. M. Granite landform. **Journal of the Royal Society of Western Australia**, v. 80, n. 3, p. 101-112, 1997.
- CAMPBELL, E. M.; TWIDALE, Charles Rowland. Lithologic and climatic convergence in granite morphology. **Caderno Laboratório Xeolóxico de Laxe**, v. 20, p. 381-403, 1995.
- CORDEIRO, A. M. N.; BASTOS, F. H.; MAIA, R. P. Formações concrecionárias e aspectos genéticos e evolutivos do maciço do Quincuncá, Província Borborema, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 19, n. 2, p. 359-372, 2018.
- CORRÊA, A.; TAVARES, B. A. C.; MONTEIRO, K. A.; CAVALCANTI, L. C. S.; LIRA, D. R. Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. **Revista do Instituto Geológico**, v. 31, n. 1, p. 35-52, 2010.
- DRESCH, J. Les problèmes morphologiques du Nord-Est brésilien. **Z. Geomorphol**, v. 1, p. 289-301, 1957.
- DRESCH, J. Pedimentos, "glacis" de erosão, pediplanícies e *inselbergs*. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, n. 9, p.1-15, 1962.
- EHLEN, J. Tor. In: GOUDIE, A. S. **Encyclopedia of geomorphology**. Londres: Taylor & Francis e-Library, 2006. p. 1054-1056.
- FAIRBRIDGE, R. W. **The Encyclopedia of geomorphology**. New York: Reinhold, 1968. 1295 p.
- GOUDIE, A. S. **Encyclopedia of Geomorphology**. Vol. 1. International Geomorphology Union, 2004. 1156 p.

- GOUDIE, H. S. Karren. In: GOUDIE, A. S. **Encyclopedia of geomorphology**. Londres: Taylor & Francis e-Library, 2006. p. 583-585.
- GOUDIE, H. S. Honeycomb weathering. In: GOUDIE, A. S. **Encyclopedia of geomorphology**. Londres: Taylor & Francis e-Library, 2006. 530 p.
- HUGGETT, R. J. **Fundamentals of geomorphology**. 2. ed. Londres: Taylor & Francis e-Library, 2007. 483 p.
- KING, L. C. A Geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 18, n. 2, p. 147-265, 1956.
- KING, L. C. A theory of bornhardts. **Geographical Journal**, v. 112, p. 83-87, 1949.
- LIMA, G. M. P.; CORRÊA-GOMES, L. C. Itatim geomorphological site: Largest concentration of inselbergs in Brazil. In VIEIRA B.C.; SALGADO A. A. R., SANTOS L. J. C. (Org.). **Landscapes and landforms of Brazil**. Springer: Dordrecht, 2015. P. 371-380.
- LIMA, D. L. S.; BASTOS, F. H.; CORDEIRO, A. M. N.; MAIA, R. P. Geomorfologia granítica do Maciço de Uruburetama, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 2, p. 373-395, 2019.
- LIMA, M. G. **A História do Intemperismo na Província Borborema Oriental, Nordeste do Brasil: Implicações Paleoclimáticas e Tectônicas**. 593f. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) - Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.
- LIMA, D. L. S. **Geomorfologia em estruturas graníticas: o caso do Maciço de Uruburetama, Ceará, Brasil**. 258f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2018.
- MABBUTT, J. A. Basal surface or weathering front. **Proceedings of the Geologists' Association**, v. 72, p. 357-358, 1961.
- MABESOONE, J. M.; CASTRO, C. Desenvolvimento geomorfológico do nordeste brasileiro. **Boletim do Núcleo Nordeste da Sociedade Brasileira de Geologia**, v. 3, p. 5-35, 1975.
- MAIA, R. P.; BEZERRA, H. R.; MASCIMENTO, M. A. L.; CASTRO, H. S.; MEDEIROS, A. J. A.; ROTHIS, L. M. Geomorfologia do campo de inselbergues de Quixadá, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 2, p. 239-253, 2015.
- MAIA, R. P.; BASTOS, F. H.; NASCIMENTO, M. A. L.; LIMA, D. L. S.; CORDEIRO, A. M. N. **Paisagens Graníticas do Nordeste Brasileiro**. Fortaleza: Edições UFC, 2018. 104 p.
- MAIA, R. P.; NASCIMENTO, M. A. L. Relevos graníticos do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 19, n. 2, p. 373-389, 2018.
- MATMON, A.; MUSHKIN, Y.; ENZEL, T.; GRODEK, ASTER, T. Erosion of a granite inselberg, Gross Spitzkoppe, Namib Desert. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 201, p. 52-59, 2013.
- MIGÓN, P. **Geomorphological landscapes of the world: granite landscapes of the world**. Oxford University Press Inc., New York. 2006a. 417 p.

- MIGÓN, P. Bornhardt. In: GOUDIE, A. S. **Encyclopedia of geomorphology**. Londres: Taylor & Francis e-Library, 2006b, p. 92-93.
- MIGÓN, P. Granite geomorphology. In: GOUDIE, Andrew S. **Encyclopedia of geomorphology**. Londres: Taylor & Francis e-Library, 2006c, p. 490-493.
- MIGÓN, P. Inselberg. In: GOUDIE, A. S. **Encyclopedia of geomorphology**. Londres: Taylor & Francis e-Library, 2006d, p. 564-566.
- MIGÓN, P.; GOUDIE, A. Granite Landforms of the Central Namib. *Acta Universitatis Carolinae. Geographica*, v. 35, p. 17-38, 2000.
- MIGÓN, P.; MAIA, R. P. Pedra da Boca, Pai Mateus, and Quixadá-Three Possible Key Geoheritage Sites in Northeast Brazil. **Geoheritage**, v.12, n. 51, 20 p, 2020.
- MUSTOE, G. E. The origin of honeycomb weathering. **Geological Society of America Bulletin**, v. 93, p. 108-115, 1982.
- NEVES, S. P.; VAUCHEZ, A.; ARCHANJO, C. J. Shear zone-controlled magma emplacement or magma assisted nucleation of shear zones? Insights from northeastern Brasil. **Tectonophysics**, v. 262, p. 349-364, 1995.
- 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.
- PILÓ, L. Geomorfologia Cárstica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 1, n. 1, p. 88-102, 2000.
- ROMER, W. Differential weathering and erosion in an inselberg landscape in southern Zimbabwe: A morphometric study and some notes on factors influencing the long-term development of inselbergs. **Geomorphology**, v. 86, p. 349-368, 2007.
- ROQUÉ, C.; ZARROCA, M.; LINARES, R. Subsurface initiation of tafoni in granite terrains - Geophysical evidence from NE Spain: Geomorphological implications. **Geomorphology**, v. 196, p. 94-105, 2013.
- SALGADO, A. A. R. Superfície de aplainamento: antigos paradigmas revistos pela ótica dos novos conhecimentos geomorfológicos. **Revista Geografias**, v. 3, n. 1, p. 64-78, 2007.
- SOUZA, M. J. N.; OLIVEIRA, V. P. V. Os Enclaves úmidos e subúmidos do semiárido do Nordeste brasileiro. **Mercator**, v. 5, n. 9, p. 85-102, 2006.
- THOMAS, M. F. **Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes**. Chichester: Publisher John Wiley and Sons, 1994. 460 p.
- THOMAS, M. F. Granite landforms: a review of some recurrent problems in interpretation. In: BROWN, E. H.; WATERS, R. S. (Eds.). **Progress in Geomorphology**. Institute of British Geographers Special Publication, 1974. p. 13-35.
- TORQUATO, R. F. J.; ALMEIDA, A. R.; SIDRIM, A. C. G.; MARANHÃO, C. M. L.; PARENTE, C. V.; TORQUATO, J. R. F.; NETO, A. N.; FILHO, J. F. A.; SOUZA, J. V.; SOUZA, M. J. N.; ARTHAUD, M. H. Granitoides de Quixadá: região de Quixadá e Solonópole. **Revista de Geologia**, v. 2, n. 1, 1989.
- TWIDALE, C. R. The origin of bornhardts. **Journal of the Geological Society of Australia**, v. 27, p. 195-208, 1980.

- TWIDALE, C. R. Granitic inselbergs: domed, block-strewn and castellated. **The Geographical Journal**, v. 147, n. 1, p. 54-71, 1982.
- TWIDALE, C. R. The research frontier and beyond: granitic terrains. **Geomorphology**, v. 7, n. 3, p. 187-223, 1993.
- TWIDALE, C. R. Granitic bornhardts: their morphology, characteristics and origins. **Bulletin Geological Society of Malayjia**, v. 42, p. 237-255, 1998.
- TWIDALE, C. R. The two-stage concept of landform and landscape development involving etching: origin, development and implications of an idea. **Earth-Science Reviews**, v. 57, p. 37-74, 2002.
- TWIDALE C. R.; CAMPBELL E. M. On the origin of pedestal rocks. **Zeitschrift für Geomorphologie**, v. 36, p. 1-13, 1992.
- TWIDALE, C. R.; LAGEAT, Y. Climatic geomorphology: a critique. **Progress in Physical Geography**, v.18, n. 3, p. 319-334, 1994.
- TWIDALE, C. R; VIDAL ROMANÍ, J. R. **Landforms and Geology of Granite Terrains**. 1. ed. Editora : CRC Press, 2005. 362 p.
- UÑA ÁLVAREZ, E. Description and nomenclature of the tafoni features (cavernous rock forms). Research approaches in granite terrains. **Cadernos do Laboratório Xeolóxico de Laxe**, n. 33, p. 65-82, 2008.
- UÑA ÁLVAREZ, E. Interpretación de sistemas naturales complejos: el problema de los tafoni. **Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles**, v. 60, p. 349-368, 2012.
- VIDAL ROMANÍ, J. R. Microformas graníticas tipo tafoni (cachola) y gnamma (pia): un micromodelado sin relacion con el clima o la estacionalidad. **Cadernos do Laboratório Xeolóxico de Laxe**, v. 7, p. 273-277, 1984.
- VIDAL ROMANÍ, J. R. Forms and structural fabric in granite rocks. **Cadernos do Laboratório Xeolóxico de Laxe**, v. 33, p. 175-198, 2008.
- VIDAL ROMANI, J. R.; TWIDALE, C. R. Structural or climatic control in granite landforms? The development of sheet structure, foliation, boudinage, and related features. **Cadernos do Laboratório Xeolóxico de Laxe**, v. 35, p. 189-208, 2010.
- WARD, S. Tafoni. In: GOUDIE, Andrew S. **Encyclopedia of geomorphology**. Londres: Taylor & Francis e-Library, 2006. p. 1034-1035.
- WILLIAMS, R.; ROBINSON, D. Origin and distribution of polygonal cracking of rock surfaces. **Geografiska Annaler**, v. 71, n. 3/4, p. 145-159, 1989.