

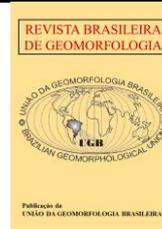


<https://rbgeomorfologia.org.br/>
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 24, nº 1 (2023)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v24i1.2221>



Artigo de Pesquisa

Geomorfologia dos maciços de Maranguape e Aratanha, Província Borborema, Nordeste do Brasil

Geomorphology of the Maranguape and Aratanha massifs, Borborema Province, Northeast of Brazil

Abner Monteiro Nunes Cordeiro¹, Frederico de Holanda Bastos², Lionel Siame³ e Danielle Lopes de Sousa Lima⁴

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Geografia, Centro de Ensino Superior do Seridó, Caicó, Brasil, E-mail: abner.cordeiro@ufrn.br.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4867-7083>

² Bolsista Produtividade em Pesquisa 2 (CNPq), Universidade Estadual do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, Brasil, E-mail: fred.holanda@uece.br.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4330-7198>

³ Université Aix-Marseille, Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement, Aix-En-Provence, França, E-mail: siame@cerege.fr.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4288-9528>

⁴ Universidade Estadual do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, Brasil, E-mail: danielle.llopes@hotmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9729-9939>

Recebido: 18/04/2022; Aceito: 11/06/2022; Publicado: 16/01/2023

Resumo: Muitos relevos graníticos da Província Borborema se encontram no Domínio Ceará Central, que constitui um compartimento tectônico que sofreu soerguimentos ao longo das fases rift e pós-rift do sistema Cariri-Potiguar. Esses maciços graníticos apresentam-se dissociados, em virtude da maior resistência aos processos denudacionais, em relação ao embasamento encaixante. O presente trabalho visa propor uma interpretação geomorfológica para os maciços de Aratanha e Maranguape, baseada em avanços recentes na interpretação geológica local e dados morfoestruturais regionais. O método empregado consistiu em revisão bibliográfica detalhada sobre a gênese e evolução de maciços graníticos, associada à interpretação cartográfica e trabalhos de campo. Como resultado, podemos resumir que o relevo atual reflete a justaposição de características herdadas de eventos pretéritos, a exemplo, da subducção crustal do Oceano Góias-Faurasiano, rifteamento intracontinental, flexura marginal e o magmatismo cenozoico, os quais foram fundamentais na intensificação de ciclos denudacionais, na exumação e no rejuvenescimento dos maciços, e no retrabalhamento cíclico do embasamento encaixante. Esses eventos, associados à faciologia dos granitoides porfíricos e sienogranitos que compõem a área de estudo, respondem pela atual configuração morfológica dos setores elevados.

Palavras-chave: Geomorfologia estrutural; Maciços graníticos; Erosão diferencial; Semiárido brasileiro.

Abstract: Many granitic reliefs of the Borborema Province are found in the Ceará Central Domain, which constitutes a tectonic compartment that was uplifted during the rift and post-rift phases of the Cariri-Potiguar system. These granitic massifs are dissociated, due to the greater resistance to denudational processes, in relation to the surrounding basement. The present work aims to propose a geomorphological interpretation for the Aratanha and Maranguape massifs, based on recent advances in local geological interpretation and regional morphostructural data. The method used consisted of a detailed bibliographic review on the genesis and evolution of granite massifs, associated with cartographic interpretation and fieldwork. As a result,

we can summarize that the current relief reflects the combination of characteristics inherited from past events, such as the crustal subduction of the Goiás-Faurasian Ocean, intracontinental rifting, marginal flexure and Cenozoic magmatism, which were fundamental in the intensification of denudational cycles, in the exhumation and rejuvenation of the massifs, and in the cyclical reworking of the surrounding basement. These events, associated with the faciology of the porphyritic granites and syenogranite that make up the study area, account for the current morphological configuration of the elevated sectors.

Keywords: Structural geomorphology; Granitic massifs; Differential erosion; Brazilian semi-arid.

1. Introdução

A Orogênese Brasileira, datada do Neoproterozoico (BRITO NEVES et al., 2000), representa o mais importante processo de evolução geológica do Brasil (SCHOBENHAUS et al., 2003), que produziu um largo sistema de dobramentos conhecido como “Província Borborema” (ALMEIDA et al., 2000), sendo responsável pela estruturação de planos de deformação dúcteis transcorrentes de cinemática, predominante NE-SW e E-W (CASTRO et al., 2012a), no embasamento cristalino pré-cambriano. Tais deformações são marcadas por intrusões graníticas (CABY et al., 1991; ANGELIM et al., 2006), representadas por batólitos e *stocks*, com características petrográficas, geoquímicas e geocronológicas distintas (NASCIMENTO et al., 2015), que foram exumadas pela erosão diferencial do embasamento metamórfico encaixante, constituindo cerca de 30% da área total da Província Borborema (BRITO NEVES et al., 2003).

A resistência geomorfológica dos granitos, influenciada pela composição mineral, textura, tamanho dos cristais, comportamento estrutural, grau de solubilidade e baixa porosidade (THORNBURY, 1966; MIGÓN, 2006) é capaz de sustentar morfologias residuais como maciços, *inselbergs*, *inselguebergs* e *bornhards* (BASTOS et al., 2022), expostos pela denudação das antigas áreas orogênicas e, posteriormente, retrabalhadas por agentes erosivos, associados aos diversos sistemas morfogenéticos cenozoicos (CORRÊA et al., 2010).

Os estágios evolutivos dos maciços graníticos são condicionados pela erosão diferencial (BASTOS; CORDEIRO, 2021; MAIA et al., 2016), podendo estar associado ao magmatismo anorogênico (ALMEIDA et al., 1988; ALMEIDA et al., 2000) e/ou a processos tectônicos, a exemplo, do processo de rifteamento intracontinental, no segmento setentrional do NE brasileiro (~120 Ma) (MATOS, 2000), que contribuíram para colocar em condições de afloramento parcelas dos granitos brasileiros (CLAUDINO SALES, 2016).

A geomorfologia do Domínio Ceará Central (DCC), Província Borborema, é notadamente marcada por relevos residuais graníticos. Esse domínio constitui um compartimento tectônico que sofreu soerguimentos ao longo das fases rift (PEULVAST, CALUDINO SALES, 2003) e pós-rift (SAAD; TORQUATO, 1992), intensificando processos denudacionais e exumação de corpos plutônicos. Essas exumações graníticas se apresentam distribuídas compondo compartimentos morfológicos de diferentes dimensões, com destaque para macroformas como os maciços de Uruburetama, Aratanha e Maranguape, esses dois últimos em destaque na figura 1.

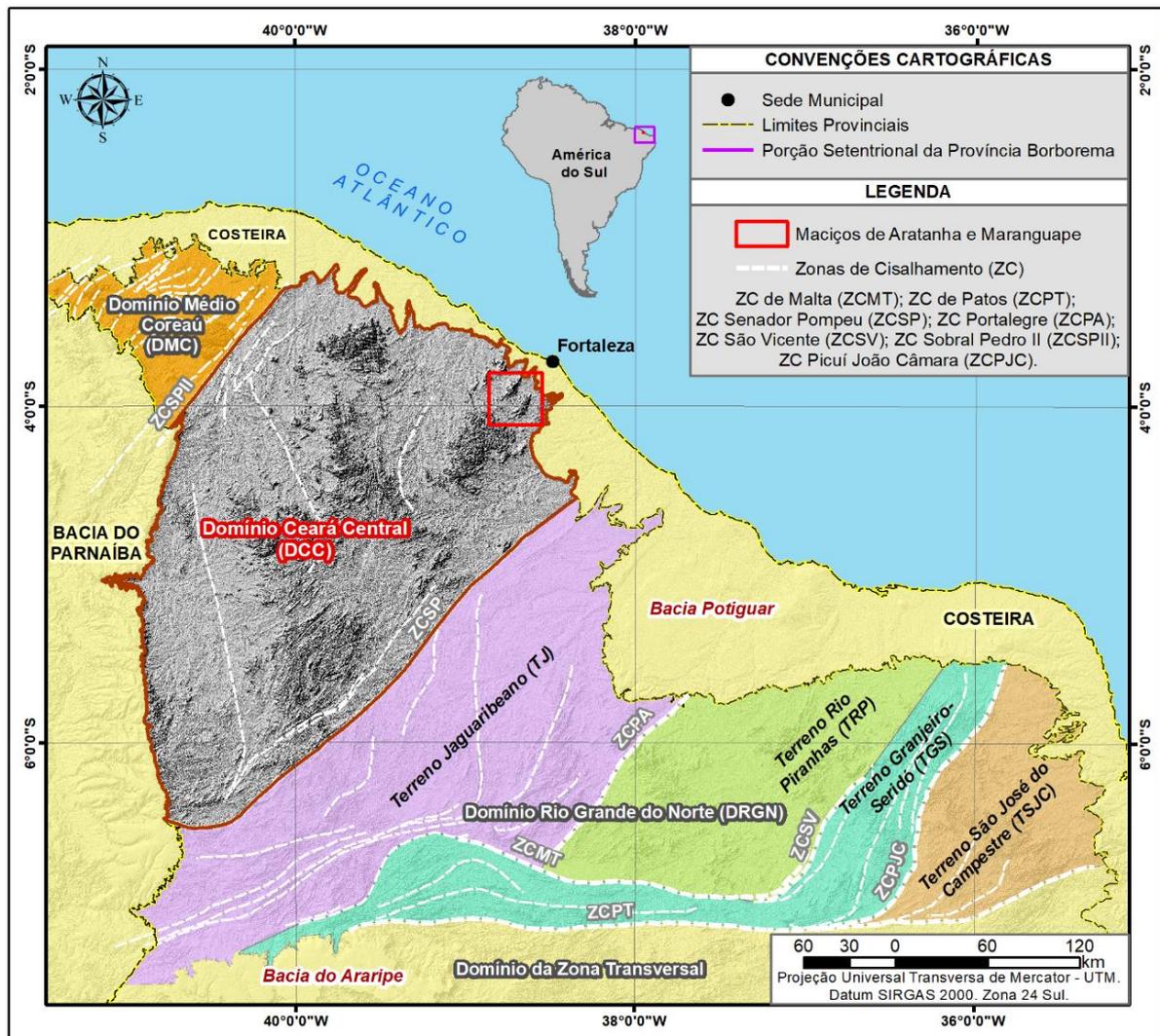


Figura 1. Domínio Ceará Central no contexto da porção setentrional da Província Borborema. Quadrícula vermelha: maciços de Aratanha e Maranguape. Fonte: elaborada pelos autores (2022), com base em Brito Neves, Santos e Van Schmus (2000).

Os maciços de Aratanha e Maranguape constituem relevos graníticos aguçados, separados por uma superfície de erosão (Figura 2), cuja explicação geomorfológica ainda demanda discussões mais detalhadas quanto aos fatores litoestruturais, tendo em vista que os mapeamentos geológicos não traziam diferenciações litológicas capazes de justificar as variações na morfologia dos compartimentos.

Face ao exposto, o presente trabalho apresenta uma interpretação dos aspectos geomorfológicos dos maciços de Aratanha e Maranguape, situados no setor setentrional da Província Borborema, a partir da combinação interpretativa dos fatores endógenos ativos e passivos com a ação denudacional cenozoica. Tal análise se baseia em avanços recentes em termos de interpretação mineralógica e petrográfica das litologias relacionadas a esses maciços e ao embasamento encaixante.



Figura 2. Imagem dos maciços de Aratanha e Maranguape. Fonte: autores (2022).

2. Área de Estudo

Os maciços de Aratanha e Maranguape se localizam na porção NE do DCC, próximos à capital do Estado do Ceará (Fortaleza), distantes cerca de 28 km da linha da costa, sendo classificados regionalmente como maciços pré-litorâneos. Esses relevos possuem altitudes máximas, respectivamente, de ~780 m e 920 m, com orientação NNE-SSW (Figura 3).

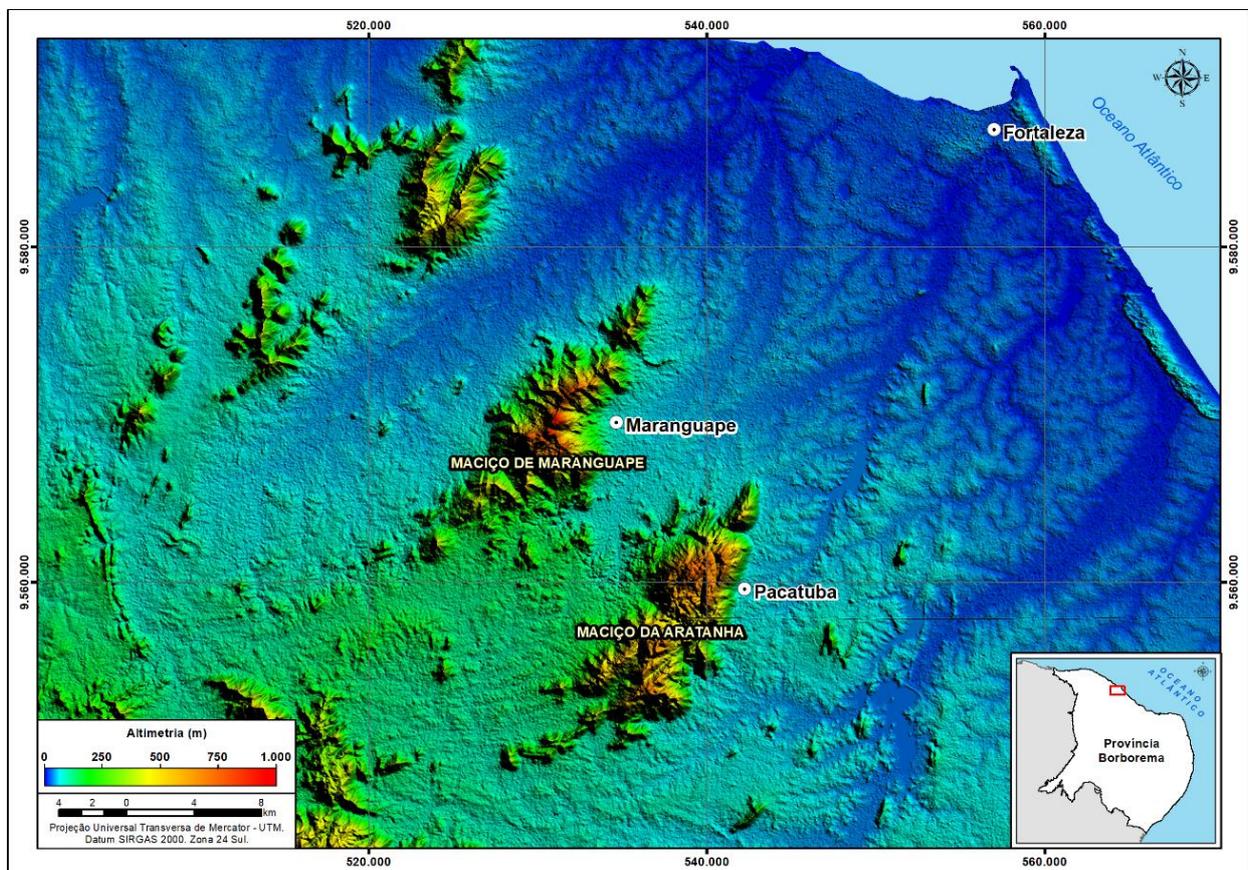


Figura 3. Localização dos maciços de Aratanha e Maranguape, Ceará, Brasil. Fonte: elaborado pelos autores (2021), a partir de edição de imagem SRTM.

O DCC, situado entre o lineamento Transbrasiliano e a zona de cisalhamento Senador Pompeu, é constituído por várias assembleias litotectônicas, incluindo: remanescentes de TTGs (tonalitos-tronjhemitos-granodioritos) neoarqueanos (~2,8-2,7 Ga) do Maciço de Troia; vastas extensões de ortognaisses paleoproterozoicos de alto grau de metamorfismo e anfibólitos juvenis; rochas supracrustais neoproterozoicas de médio a alto grau de metamorfismo, representadas pelos Grupos Ceará e Novo Oriente; grandes volumes de granitoides neoproterozoicos, representados pelo Arco Magmático Santa Quitéria (AMSQ); e extensa geração de granito pós-colisional desde o Neoproterozoico tardio até granitoides anorogênicos cambrianos e ordovicianos (CASTRO et al., 2012b; PITOMBEIRA et al., 2021).

O Complexo Canindé, constituído, predominantemente, por gnaisses orto e paraderivados (PINÉO et al., 2020), corresponde o embasamento encaixante dos granitoides tardi-tectônicos que compõem a área de estudo, sendo o monzogranito biotita folheado (PITOMBEIRA et al., 2021), a unidade granitoide correspondente à superfície erosiva rebaixada, circunjacente aos maciços de Aratanha e Maranguape.

O AMSQ corresponde a uma das maiores manifestações plutônicas do Neoproterozoico do DCC, consistindo em uma associação anatética-ígnea, caracterizada por diversos pulsos magmáticos que ocorreram entre 880 a 620 Ma, posteriormente retrabalhados durante colisão continental (PITOMBEIRA et al., 2021), que ocupa uma área de ~40.000 km² do DCC (GANADE et al., 2012; COSTA et al., 2013). Este arco, de direção predominante NE-SW (ARTHAUD, 2007), teve seu desenvolvimento durante o clímax da orogênese colisional neoproterozoica na Província Borborema (ARAÚJO et al., 2014). Para Costa et al. (2013), os principais pulsos magmáticos do DCC ocorreram entre 650 a 610 Ma, seguido por colocação de batólitos sin-transcorrentes (590-560 Ma), tardi-transcorrentes (540-520 Ma) e plútons anorogênicos (490-460 Ma) (FETTER et al., 2003; CASTRO et al., 2012b).

O magmatismo responsável pela gênese dos granitoides que compõem a área de estudo está relacionado com o consumo e fechamento do Oceano Goiás-Farusiano (FETTER et al., 2003; CORDANI et al., 2013; ARAÚJO et al., 2014), onde a subducção da litosfera oceânica neoproterozoica, sob a porção central do Gondwana Ocidental, gerou pulsos magmáticos ascendentes, entre 660 e 620 Ma (PITOMBEIRA et al., 2021), que intrudiram nos níveis mais rasos da crosta, constituída por rochas metassedimentares e metavulcânicas (CORDANI et al., 2013). Essa subducção e a consequente colisão dos blocos continentais (Domínio Médio Coreá + Bloco Parnaíba e Domínio Ceará Central + Bloco Norte da Borborema), foi esquematizada por Pitombeira et al. (2021), que indicam uma evolução sincrônica com o AMSQ, exposto ~100 km, a oeste, da área de estudo.

Os granitoides porfíricos e sienogranitos de caráter tardi-tectônicos que compõem os maciços de Aratanha e Maranguape foram formados em um ambiente ativo de margem continental, através da interação entre magmas juvenis e componentes enriquecidos (crosta continental mais antiga), onde dados geocronológicos indicam uma evolução magmática entre 675 e 610 Ma (PITOMBEIRA et al., 2021). O caráter do arco continental deste magmatismo corrobora com o modelo de margem ativa, no setor NW da porção setentrional da Província da Borborema, no contexto de amalgamação do Gondwana Ocidental, relacionado com o fechamento do Oceano Goiás-Farusiano (FETTER et al., 2003; CORDANI et al., 2013).

Estruturalmente, o setor correspondente aos maciços graníticos de Aratanha/Maranguape e a superfície erosiva encaixante não está associado à zonas de cisalhamento, porém, na área de estudo destacam-se planos de deformação de caráter rúptil (falhas e fraturas) de direção predominante NW-SE, segundo os trabalhos executados por Brandão (1995), Cavalcante et al. (2003) e Pinéio et al. (2020).

Barbosa e Maia (2018) identificaram, mediante a extração manual de feições lineares negativas, obtidas através de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), na região mais rebaixada, entre os relevos residuais de Aratanha e Maranguape, uma grande densidade de lineamentos estruturais, possibilitando, a identificação de

setores mais fraturados que induziram maior denudação ao longo do Cretáceo Superior e Cenozoico. Essa superfície rebaixada foi afetada por vários graus de deformação e metamorfismo (PITOMBEIRA et al., 2021).

Do ponto de vista climático, a área de estudo possui clima do tipo Aw (tropical chuvoso quente e úmido), com chuvas de verão-outono (NIMER, 1979), cuja condição climática condicionou a formação de ambientes de exceção, que configuram verdadeiros enclaves úmidos e subúmidos (SOUZA; OLIVEIRA, 2006), constituindo ambientes de exceção do ponto de vista hidroclimático e pedológico, em termos regionais semiáridos.

A área em questão apresenta temperaturas máximas de 26 a 28°C e mínimas de 23°C, com médias pluviométricas anuais variando entre 1.100 a 1.350 mm (MEDEIROS et al., 1995; CEARÁ, 2017), clima contemporâneo que se estabeleceu, provavelmente, durante o Holoceno médio a tardio, seguindo os ajustes da circulação atmosférica após a transição Pleistoceno/Holoceno (SILVA; CORRÊA, 2009; GURGEL, 2012).

3. Materiais e Métodos

As etapas metodológicas que conduziram essa pesquisa foram estabelecidas com base em uma ampla revisão bibliográfica sobre a gênese e evolução de maciços graníticos na porção setentrional da Província Borborema, além de outros temas que buscam enfatizar a importância da inter-relação entre o arcabouço litoestrutural e os processos denudacionais, associada à interpretação cartográfica, levantamento e análises de campo, e processamento digital de imagens de sensoriamento remoto.

O levantamento cartográfico teve como base os trabalhos de Brandão (1995); Cavalcante et al. (2003); e Pinéo et al. (2020), além do levantamento da densidade de fraturamento (BARBOSA; MAIA, 2018) e litologia (PITOMBEIRA et al., 2021), que viabilizaram a atualização dos componentes litoestruturais da área, assim como na identificação dos setores mais susceptíveis aos processos denudacionais.

Os trabalhos de reconhecimento de campo viabilizaram a correlação entre os compartimentos geomorfológicos e os condicionantes litoestruturais. Essa pesquisa contou ainda com o processamento digital de imagens SRTM (cena s04_w039_1arc_v3 e s05_w039_1arc_v3), disponibilizadas na página Earth Explorer (<http://earthexplorer.usgs.gov/>), as quais permitiram a confecção dos produtos cartográficos e, posteriormente, a interpretação e correlação de dados geológicos e geomorfológicos.

4. Resultados e Discussão

Tendo em vista propor uma interpretação geomorfológica para a evolução dos maciços de Aratanha e Maranguape, a presente abordagem organizou uma explicação para a individualização desses maciços residuais a partir da disponibilização recente de dados geológicos detalhados (PITOMBEIRA et al., 2021) capazes de contribuir na interpretação geomorfológica. Os levantamentos geológicos realizados até 2020 (BRANDÃO, 1995; CAVALCANTE et al., 2003; PINÉO; ZWIRTES, 2013; PINÉO et al., 2017; PINÉO et al., 2020), na área em questão, não apresentavam diferenças litológicas nem deformações estruturais entre esses corpos graníticos e a superfície erosiva rebaixada. Dessa forma, a presente abordagem destaca a relevância da tectônica através dos principais eventos epigenéticos, as propriedades geomorfológicas das rochas envolvidas no recorte espacial e ação do clima responsável pela esculturação dos relevos.

4.1. Soerguimentos Mesozoicos e Pós-Cretáceos (fatores endógenos ativos)

A história geológico-geomorfológica da Província Borborema é caracterizada por eventos tectônicos marcantes (ANGELIM et al., 2006; MATOS, 2000; BEZERRA; VITA FINZIN, 2000), responsáveis pela estruturação/compartimentação tectônica regional, além de soerguimentos que ajudam a explicar a megageomorfologia atual, como, por exemplo, a flexura marginal (PEULVAST, CLAUDINO SALES, 2004;

CLAUDINO SALES, 2016; PEULVAST; VANNEY, 2002) e o evento termotectônico, datado do Paleógeno (e.g. vulcanismo Macau e Messejana) (WERNECK; MAGINI; SALGUEIRO, 2018; COSTA; CLAUDINO SALES, 2020), que também podem ajudar a construir uma linha de interpretação morfogenética em escala de maior detalhe, como no caso da área de estudo.

A Orogênese Brasileira, no Neoproterozoico (600-550 Ma) (BRITO NEVES et al., 2000; ARTHAUD, 2007), foi responsável pela estruturação tectônica da Província Borborema e de seus planos de deformação dúcteis, de direção predominante NE-SW e E-W (CASTRO et al., 2012a), geralmente acompanhadas de instruções graníticas ao longo da extensão espacial da província (ANGELIM et al., 2003; HASUI, 2012). Os reflexos geomorfológicos da Orogênese Brasileira se devem preferencialmente aos condicionamentos estruturais impostos pelas deformações em termos de erosão/denudação, assim como pela erosão diferencial associada à exumação de litologias pré-cambrianas síncronas a tal evento (MAIA; BEZERRA, 2014). Dessa forma, pode-se afirmar que os maciços analisados, com orientação predominante NNE-SSW, refletem nitidamente esse controle regional imposto pelo Ciclo Brasileiro.

O Maciço de Baturité, localizado a uma distância de ~50 km da capital Fortaleza-CE, segundo Peulvast e Claudino Sales (2000), teria sido soerguido no Neocomiano (~131 a 113 Ma), seguindo a organização do rift Potiguar, do qual seria um vestígio do ombro ocidental, juntamente com os maciços de Aratanha, Maranguape, Uruburetama e Meruoca (PEULVAST; CLAUDINO SALES; GUNNELL, 2008; MATOS, 2000; BÉTARD; PEULVAST, 2011), sendo, conseqüentemente, atacados por ações denudacionais seletivas, de acordo com as propriedades geomorfológicas das rochas do contexto regional.

No Cretáceo Superior, provavelmente, a partir do Campaniano (~83 Ma), a região do Maciço de Baturité, a qual inclui os maciços de Aratanha e Maranguape, sofreu novos soerguimentos, sobretudo em resposta ao soerguimento flexural da margem continental transformante do Estado do Ceará (CLAUDINO SALES; PEULVAST, 2007), associado a processos de subsidência térmica com reflexos isostáticos na área continental, o qual intensificou a ação denudacional nas litologias expostas do DCC (CLAUDINO SALES, 2016).

No entanto, a altimetria dos relevos residuais de Aratanha e Maranguape, assim como de Uruburetama e Baturité, parece sugerir a contribuição de um soerguimento pós-Cretáceo, possivelmente relacionado magmatismo basáltico datado do Paleógeno (e.g. vulcanismo Messejana), com idade entre 44 e 29,9 Ma (ALMEIDA et al., 1988; PEULVAST; CLAUDINO SALES; GUNNELL, 2008; WERNECK; MAGINI; SALGUEIRO, 2018), que atingiu esse setor da margem continental transformante do Estado do Ceará, criando edifícios vulcânicos submarinos (CONDÉ et al., 2007), entre os quais o *guyot* do Ceará, com desnível batimétrico entre 2.000 a 3.500 m (CLAUDINO SALES, 2016; ANDRADE et al., 2018), e uma série de formas superficiais, associadas à Suíte Messejana (PINÉO et al., 2020), como, por exemplo, os *necks* (e.g. serrote Japarara, situado na porção SW do Maciço de Maranguape) (SAADI; TORQUATO, 1992), que constituem pequenos relevos residuais.

Para Claudino Sales e Peulvast (2007), a intensidade desse episódio magmático cenozoico não parece ter sido suficiente para ter produzido um soerguimento de expressão regional. No entanto, os “esporões costeiros” do Maciço de Baturité, a exemplo dos maciços de Aratanha (780 m) e Maranguape (920 m), foram afetados pelo vulcanismo alcalino oligocênico (CLAUDINO SALES, 2016; COSTA; CLAUDINO SALES, 2020), caracterizando-os como relevos de exceção na margem continental passiva do NE brasileiro. O vulcanismo cenozoico, iniciado a partir do estabelecimento de um *hotspots* astenosférico (MISUZAKI et al., 2002; ALMEIDA, 2006), penetrou ~30 km, no interior do compartimento costeiro central do Estado do Ceará (BRAGA et al., 1981), que proporcionou o estabelecimento na crosta de uma zona de anomalia térmica (> 200mW.m⁻²), identificada ao norte do Maciço de Baturité (CARNEIRO; HAMZA; ALMEIDA, 1989; WERNECK; MAGINI; SALGUEIRO, 2018).

Os eventos tectônicos pós-Campaniano e os processos erosivos do Neógeno (PEULVAST; CLAUDINO SALES, 2006) não foram suficientes para alterar a organização da morfologia do Estado do Ceará, em grande parte herdada do Cretáceo (CLAUDINO SALES; PEULVAST, 2007; PEULVAST; CLAUDINO SALES; GUNNELL, 2008). Essa interpretação também se aplica à área de estudo, que se caracteriza pela disposição de relevos cristalinos residuais dissociados numa superfície erosiva rebaixada, com declive suave em direção ao Oceano Atlântico. Dentre esses eventos tectônicos cenozoicos, destaca-se a flexura marginal, que proporcionou soerguimentos regionais do embasamento mais ao sul do Estado do Ceará, e o consequente, rebaixamento do nível de base regional, induzindo maior dissecação e agradação (MORAIS NETO; HEGARTY; KARNER, 2005), e o magmatismo do Oligoceno (ALMEIDA et al., 1988).

Para Bétard e Peulvast (2011), o testemunho dos sedimentos clástico syn-rift, de espessura entre 2 a 4 km, depositados entre o Neocomiano e o Barremiano (~135 a 113 Ma), ao longo do eixo Cariri-Potiguar, reflete uma fase de erosão acelerada, no entorno das proximidades da zona de rift. Esse pico denudacional foi responsável pela profunda erosão que individualizou blocos montanhosos, localizados na porção setentrional da Província Borborema (BÉTARD, 2007).

Portanto, a formação dos principais volumes montanhosos, a exemplo do Maciço de Baturité, assim como a maior parte dos maciços pré-litorâneos do Estado do Ceará (e.g. Meruoca, Uruburetama, Maranguape e Aratanha) foi quase concluída no fim do Cretáceo, enquanto que no Paleógeno/Neógeno, os mesmos foram submetidos a processos erosivos pouco variáveis e moderados, em resposta ao soerguimento flexural lento e moderado, na faixa próxima ao litoral (BÉTARD; PEULVAST, 2011; CLAUDINO SALES, 2016) e, ao vulcanismo cenozoico (PEULVAST; CLAUDINO SALES; GUNNELL, 2008).

Em outras palavras, uma certa estabilidade da paisagem parece ter caracterizado a fachada equatorial do NE brasileiro durante o Cenozoico, onde os processos denudacionais foram responsáveis, somente, por simples “retoques” nos volumes topográficos pré-existentes, essencialmente herdados do Cretáceo (BÉTARD; PEULVAST, 2011), fora das zonas de soerguimento máximo situadas no Maciço da Borborema e no sul do Estado do Ceará (MORAIS NETO; HEGARTY; KARNER, 2005), onde os encaixamentos de formas de idade Cenozoica são mais importantes (CLAUDINO SALES; PEULVAST, 2007).

Por fim, pode-se resumir que o relevo atual da área de estudo reflete a justaposição de características herdadas de eventos que deixaram sua marca na estrutura geológica, como, por exemplo, a Orogênese Brasileira (BRITO NEVES et al., 2003; HASUI, 2012), a subducção crustal do Oceano Góias-Faurasiano (FETTER et al., 2003; ARAÚJO et al., 2014), o rifteamento intracontinental neocomiano (CLAUDINO SALES; PEULVAST, 2007), o processo de flexura marginal e o magmatismo cenozoico. Esse conjunto de eventos tectônicos foram fundamentais na interpretação de ciclos denudacionais, tendo como consequência a exumação dos corpos graníticos de Aratanha e Maranguape, configurando a morfologia atual dos maciços.

4.2. *Relações Morfoestruturais e Erosão Diferencial (fatores endógenos passivos)*

A interpretação da morfologia dos maciços de Aratanha e Maranguape constitui um importante problema geomorfológico, tendo em vista que a maior parte dos mapeamentos geológicos realizados na área não apresentavam diferenciações litológicas e nem deformações estruturais (BRANDÃO, 1995; CAVALCANTE et al., 2003; PINÉO; ZWIRTES, 2013; PINÉO et al., 2020), capazes de contribuir com uma explicação morfogenética baseada na erosão diferencial. Dessa forma, ficava difícil explicar a variação morfológica observada na área em questão, constituída por contatos íngremes entre as vertentes dos maciços e a superfície erosiva rebaixada.

Conforme destacado anteriormente, esses maciços apresentam-se dissociados em volumes de relevos isolados. No entanto, a ausência de conjuntos de falhas paralelas ao alinhamento dos maciços, capazes de sugerir

uma divisão tectônica, fortalecem a tese que as descontinuidades espaciais atuais, entre os maciços, resultam da erosão diferencial, consecutiva ao soerguimento de conjunto (CLAUDINO SALES; PEULVAST, 2007; BÉTARD; PEULVAST, 2011). Além disso, as estruturas de deformação rúpteis identificadas, no embasamento cristalino hospedeiro e nos maciços, apresentam orientação predominante NW-SE (BRANDÃO, 1995; CAVALCANTE, 2003; PINÉO et al., 2020).

A partir de dados mais recentes levantados em campo, Pitombeira et al. (2021) determinaram que os maciços de Aratanha e Maranguape são constituídos, respectivamente, por granitoides porfiríticos e sienogranitos de caráter tardi-tectônicos e, de idades variando, segundo análises de U-Pb em zircão, de 674 a 622 Ma, sendo delimitados por monzogranito biotita folheado (~654 Ma), que representa o embasamento encaixante (Figura 4). Esses dados, levantados na escala de 1:250.000, possibilitam uma interpretação geomorfológica capaz de avançar em discussões referentes à erosão diferencial, viabilizando interpretações acerca das propriedades geomorfológicas das rochas, tanto por sua composição mineralógica, como por sua textura.

Os granitoides do Maciço de Aratanha, que ocorrem em contato com os monzogranitos, que constituem a superfície encaixante, apresentam textura porfirítica, estrutura foliada, granulação grossa e fenocristais centimétricos de microclina (fenocristais K-feldspato (30%)), sendo a fase ferromagnésiana representada pela biotita (20%), a qual define a foliação principal da rocha (PITOMBEIRA et al., 2021).

Esses granitoides são seccionados transversalmente por falhas direção NW-SE (BRANDÃO, 1995; PINÉO et al., 2020) e por diques aplíticos de sienogranitos (PITOMBEIRA et al., 2021), que constituem a superfície somital do Maciço de Aratanha, formando uma faixa alongada de ~9 km de comprimento, sendo a litologia responsável pelas principais elevações desse maciço. Os granitos de grãos finos (aplitos), a exemplo, dos sienogranitos, apresentam maior resistência à erosão (PENTEADO, 1983; BASTOS; CORDEIRO, 2021).

O Maciço de Maranguape constitui um relevo residual relacionado à resistência litológica dos sienogranito, frente às ações dos processos denudacionais pretéritos e atuais. Os referidos sienogranitos apresentam textura seriada a porfirítica inequigranular e foliação fraca definida pela orientação de quartzo e feldspato, incluindo fenocristais de k-feldspato, e por biotita (PITOMBEIRA et al., 2021), sendo responsáveis pelas principais elevações presentes na área de estudo, em contato intrusivo com monzogranitos e granitoides porfiríticos de granulação grossa.

A partir dos dados levantados por Pitombeira et al. (2021), constata-se que os sienogranitos apresentam um enriquecimento em minerais félsicos como quartzo, k-feldspatos e plagioclásio, representado, respectivamente, 25%, 30% e 20% da sua constituição mineralógica, em detrimento dos constituintes máficos como a biotita (20%), localmente em concentrações como *schlieren*.

A abundância de minerais pouco alteráveis, a exemplo do quartzo, favorece à resistência mecânica e química da rocha (PECH, 2005). Em contrapartida, a biotita é um mineral facilmente alterável, cuja resistência mecânica é baixa (PENTEADO, 1983). A heterogeneidade de minerais se reflete nas características químicas, texturais, estruturais e na densidade e padrão de fraturamento, proporcionando diferentes comportamentos morfológicos das rochas graníticas (VIDAL ROMANÍ; TWIDALE, 2010). Os granitos são tipicamente mais resistentes ao intemperismo e erosão do que as rochas adjacentes. Suas propriedades litológicas e estruturais podem ser variáveis dentro da mesma intrusão, e são as chaves para compreender a seletividade do intemperismo e a manutenção de muitas micro e macroformas (MIGÓN, 2006).

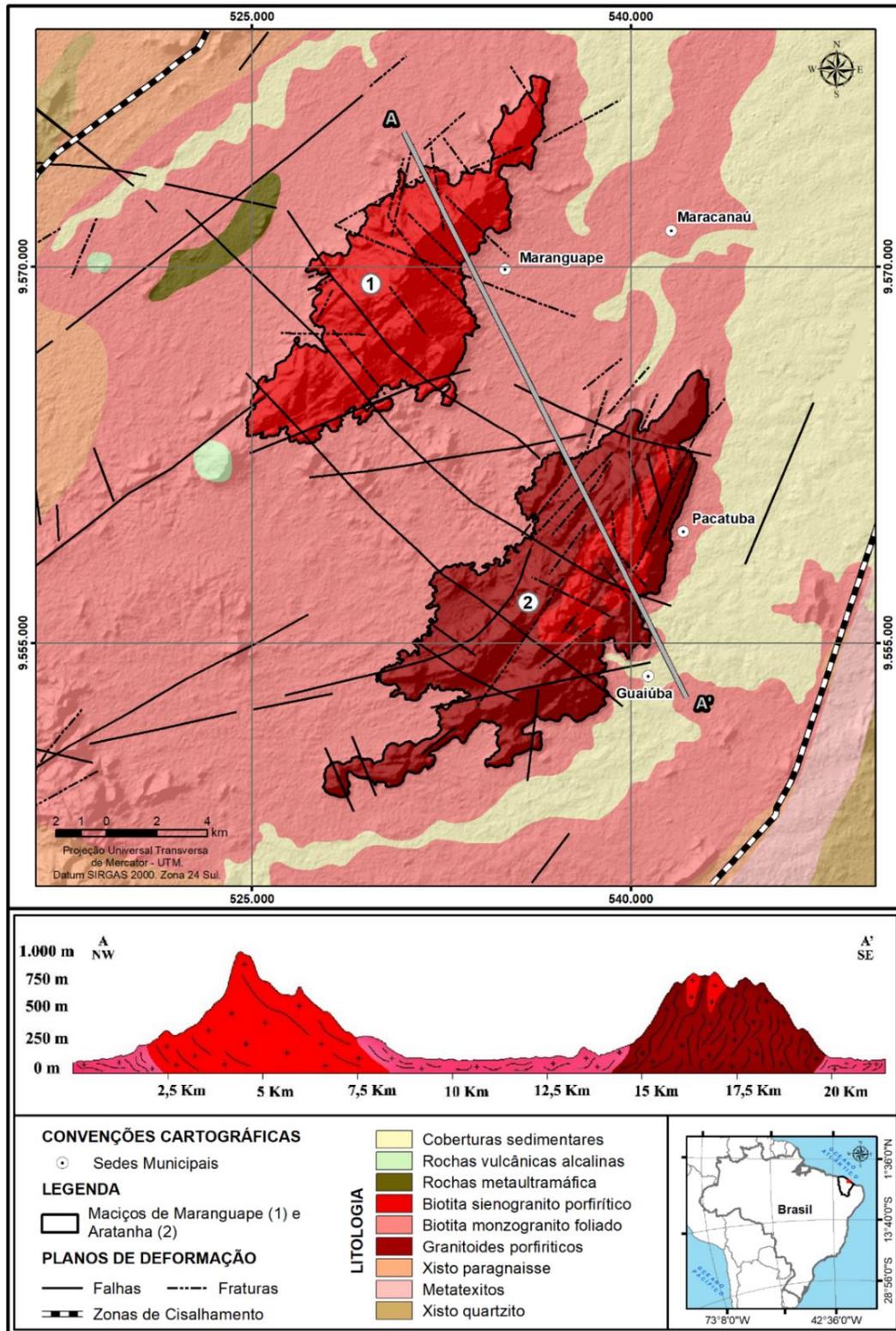


Figura 4. Mapa geológico da área de estudo. Fonte: elaborado pelos autores, a partir de Brandão (1995) e Pitombeira et al. (2021).

A superfície erosiva rebaixada situada entre os maciços residuais e no setor adjacente aos mesmos é constituída por monzogranitos (PITOMBEIRA et al., 2021). A partir de dados de Pitombeira et al. (2021) constata-se que os monzogranitos apresentam enriquecimento em minerais máficos, com composição mineral de 30% de

biotita, a qual define a foliação principal da rocha, e 5% de muscovita, em detrimento dos minerais félsicos como o quartzo (25%) e k-feldspato (20%), o que confere uma menor coesão física da rocha ao intemperismo físico-químico (PECH, 2005).

O embasamento pré-cambriano encaixante, que está relacionado ao setor mais rebaixado circunvizinho aos maciços, apresenta constituição litológica relativamente uniforme (PITOMBEIRA et al., 2021). No entanto, constata-se uma importante ruptura topográfica, associada ao conjunto de falhas de direção NW-SE (BRANDÃO, 1995; PINÉO et al., 2020), próximo ao distrito de Ladeira Grande, no Município de Maranguape-CE, que responde pela compartimentação da superfície erosiva em dois setores com elevações distintas e que configuram divisores de água. Barbosa e Maia (2018) associaram esses setores com uma resistência diferenciada aos processos erosivos, em função da maior ou menor densidade de fraturamento, sendo que a Superfície Erosiva Rebaixada I (SER I), situada no setor SW da área de estudo, apresenta altitude entre 100 e 200 m, em função da menor densidade de fraturamento, e a Superfície Erosiva Rebaixada (SER II), localizada entre os maciços, apresenta cotas variáveis entre 50 e 90 m, em função da maior densidade de fraturamento (Figura 5).

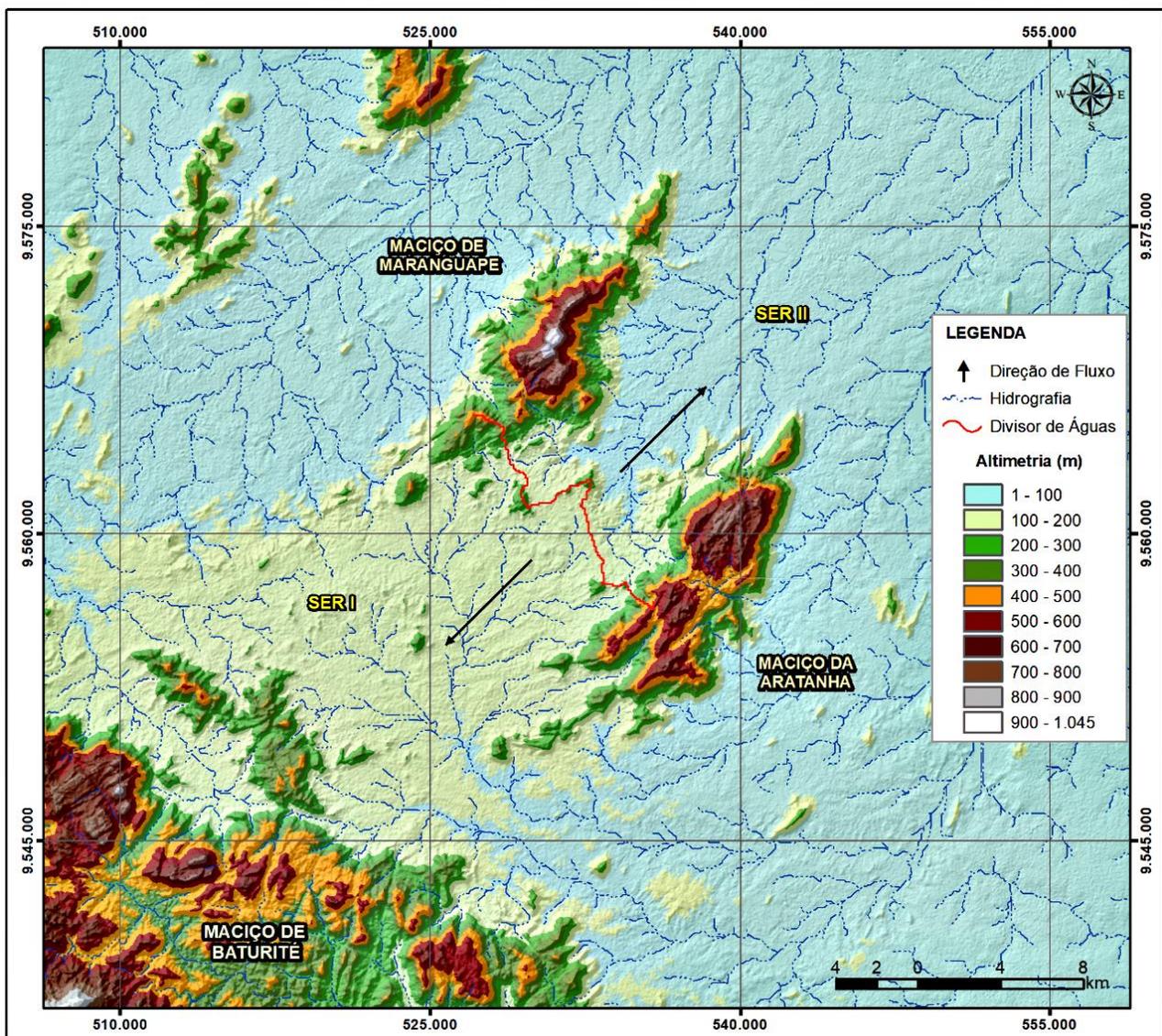


Figura 5. Localização das superfícies erosivas rebaixadas I e II. A linha vermelha representa o divisor de águas. Fonte: elaborado pelos autores.

Cabe destacar que, segundo os levantamentos geológicos realizados na área em questão (BRANDÃO, 1995; CAVALCANTE et al., 2003; PINÉO; ZWIRTES, 2013; PINÉO et al., 2020), não foram mapeadas entre os maciços de Aratanha e Maranguape, nem na área periférica aos maciços (setor SW), conjuntos adensados de estruturas de deformação rúpteis. O que se verifica na porção SW da área, que corresponde a SER I, é um espessamento crustal, em função do estabelecimento na crosta de uma zona de anomalia térmica ($> 200\text{mW.m}^{-2}$), identificada entre o norte do Maciço de Baturité e a porção meridional dos maciços de Aratanha e Maranguape (CARNEIRO; HAMZA; ALMEIDA, 1989; WERNECK; MAGINI; SALGUEIRO, 2018), que pode ter sido controlada, na área em análise, pelas falhas de direção NW-SE, que seccionam os maciços. Essa diferenciação topográfica na superfície erosiva rebaixada justifica um divisor de águas de duas sub-bacias hidrográficas: a do rio Pirapora (sub-bacia do rio Ceará), drenando no sentido NE, no setor mais baixo, e a do rio Papara (sub-bacia do Pacoti), drenando no setor SW.

No caso dos sienogranitos e granitoides porfíricos (PITOMBEIRA et al., 2021), da área de análise, a baixa densidade de falhas (BRANDÃO, 1995; CAVALCANTE et al., 2003; PINÉO et al., 2020), em consonância com a resistência litológica, responde pelos altos topográficos. A compartimentação morfológica da área de estudo reflete, portanto, um nítido controle litológico, onde os processos erosivos são controlados pela variedade faciológica dos granitos, que compõem os maciços residuais e o embasamento encaixante. A diferença faciológica dos granitos pode influenciar na evolução geomorfológica (TORQUATO et al., 1989), as quais exercem importante controle na dissecação.

O comportamento morfológico dos maciços em análise é similar ao de duas cristas relativamente paralelas, cujas encostas possuem declives que variam, aproximadamente, entre 30 a 45°, sem a presença de reentrâncias erosivas (*embayments*), o que reforça o expressivo controle litológico exercido pelas rochas graníticas que sustentam os maciços de Aratanha e Maranguape.

4.3. Modelagem Quaternária do Relevo (fatores exógenos)

A evolução geomorfológica quaternária do setor setentrional da Província Borborema foi marcada pelo predomínio de condições climáticas semiáridas intercaladas por pulsos de umidade, possivelmente relacionados com mudanças climáticas globais (WANG et al., 2004). Com base em registros paleoclimáticos, observa-se uma padronização climática, desde o Último Máximo Glacial até o Holoceno Superior, no NE brasileiro, onde ocorreram alternâncias entre períodos mais úmidos e de maior aridez (FONSÊCA, 2018). No entanto, a partir do Holoceno Médio, características ambientais semelhantes às atuais foram registradas (LIMA, 2015).

Apesar das peculiaridades do contexto regional, em escala local, pode-se afirmar que a área de estudo, provavelmente tem mantido condições climáticas, com umidade superior ao contexto regional, tendo em vista a altitude dos maciços, a proximidade e o posicionamento dos mesmos (NNE-SSW), em relação aos ventos úmidos vindos do litoral. Desse modo, os maciços de Aratanha e Maranguape interferem nas mudanças locais de clima, condicionando suas características termopluviométricas e demais parâmetros pedológicos, hidrológicos e fitogeográficos. Esse clima tende a comandar os sistemas de erosão que operam em superfície.

Os processos morfogenéticos atuantes na área de estudo estão associados ao clima tropical chuvoso quente e úmido, com chuvas de verão-outono (NIMER, 1979), cuja condição climática condicionou a formação de ambientes de exceção (“brejos de altitude”) (SOUZA; OLIVEIRA, 2006). As médias pluviométricas variando entre 1.100 a 1.350 mm/ano (MEDEIROS et al., 1995; CEARÁ, 2017), com expressiva irregularidade temporal, influenciam diretamente na morfogênese do relevo, sendo a intensidade dos processos denudacionais proporcional à variedade faciológica dos granitos.

Uma característica importante relacionada à exumação de corpos graníticos é o papel exercido pelo intemperismo físico decorrente do alívio de pressão do batólito (BIERMAN; MONTGOMERY, 2014). Esses

processos justificam a formação de planos multidirecionais de diaclases com densidades variadas ao longo do material exumado (BASTOS; CORDEIRO, 2021). No caso dos maciços analisados os mantos de intemperismo são caracterizados pela presença de *corestones* com blocos graníticos de dimensão métrica a decamétrica, o que representa um nítido reflexo dos processos físicos mencionados.

Esses mesmos processos tendem a justificar a formação *tors*, após a remoção do material mais fino do manto de intemperismo (*grus*) e a exumação dos blocos graníticos. No entanto, constata-se uma limitada ocorrência de *tors* nos maciços analisados e isso se deve às condições de umidade locais, que justificam condições favoráveis à manutenção dos mantos de intemperismo. Nas bases das vertentes dos maciços são comuns as ocorrências de caos de blocos, decorrentes da remobilização coluvial desses blocos rochosos.

O Maciço de Maranguape apresenta, principalmente, na vertente centro oriental, trechos com forte declividade ($>45^\circ$) e espessos mantos de intemperismo, sobre um saprólito fraturado e em fase inicial de meteorização. Esses setores possuem forte instabilidade morfodinâmica, com possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais, a exemplo dos ocorridos em 1974, 2001 e 2021 (CORDEIRO; GARCEZ; BASTOS, 2014). Ao longo da vertente oriental dos maciços de Aratanha e Maranguape observam-se, também, antigos depósitos de corrida de detritos de diferentes tamanhos que, podem variar de cm^3 a m^3 , evidenciando, assim, a elevada capacidade energética dos movimentos gravitacionais no passado, que contribuíram para intensificar a retração lateral (*backwearing*) das vertentes.

A maior parte dos escarpamentos situados na margem passiva do NE setentrional brasileiro trata-se de formas herdadas de soerguimentos tectônicos relacionados ao rifting cretáceo ou de soerguimentos pós-cretáceos, o que indica estabilidade a longo prazo (PEULVAST; BÉTARD, 2013). A ausência de depósitos coluviais de maior expressão na base dos escarpamentos serve como um importante indicador dessa estabilidade e isso pode ser observado no contexto dos maciços de Maranguape e Aratanha.

Peulvast, Claudino Sales e Gunnell (2008) calcularam para a região NE do Brasil, em particular para o Estado do Ceará, uma taxa de denudação da ordem de 10 m. Ma^{-1} , o que implica em um total de 300 m, nos últimos 30 Ma, época do vulcanismo Messeniano. A taxa de denudação nunca ultrapassou, nos últimos 90 Ma, os 10 m. Ma^{-1} , sendo os depósitos sedimentares neogênicos da Formação Barreiras, o último pico de erosão no interior, que coincidiu com o início de climas mais áridos (~13 Ma) (COSTA; CLAUDINO SALES, 2020).

As superfícies erosivas rebaixadas apresentam declives inferiores a 10° , viabilizando o escoamento superficial com interflúvios planos ou suave ondulado, e com padrão de drenagem dendrítico, estando organizadas como um sistema escalonado em relação ao espessamento crustal, em função do estabelecimento na crosta de uma zona de anomalia térmica, associada ao vulcanismo Messeniano, identificada entre a porção norte do Maciço de Baturité e seus "relevos satélites" (Aratanha e Maranguape) (CARNEIRO; HAMZA; ALMEIDA, 1989; WERNECK; MAGINI; SALGUEIRO, 2018), que, possivelmente gerou um novo nível erosivo, representado pela SER I, além de estabelecer o divisor de águas das sub-bacias do Pirapora e Papara (SILVA, 2021).

5. Conclusões

A presente pesquisa procurou contribuir com a explicação da descontinuidade morfológica entre os maciços de Aratanha e Maranguape, a partir, principalmente, da análise dos dispositivos morfoestruturais. A análise morfoestrutural demonstrou a importância do rifting intracontinental, na configuração atual desses maciços graníticos, interpretados como vestígios erodidos do ombro NW do rift Potiguar, assim como do soerguimento flexural da margem continental, iniciado no Cretáceo Superior, e do magmatismo basáltico, datado do Paleógeno, no rejuvenescimento dos maciços e no retrabalhamento cíclico do embasamento encaixante, através da alternância de episódios de intemperismo e erosão, controlados pelas variações do clima regional.

Os maciços graníticos de Aratanha e Maranguape se destacam como sobressaltos topográficos, na superfície erosiva rebaixada, tendo em vista a maior resistência dos granitoides porfiríticos e sienogranitos, à denudação química e física, favorecendo assim, através da erosão diferencial, o desgaste do embasamento encaixante, constituído por monzogranitos, enriquecido em minerais máficos, a exemplo da biotita e muscovita, em detrimento dos minerais félsicos, o que lhe confere uma menor coesão física ao intemperismo físico-químico.

Portanto, as características faciológicas dos monzogranitos que compõem o embasamento encaixante induziram os processos denudacionais responsáveis pelo rebaixamento dessa superfície, e pela consequente individualização dos maciços de Aratanha e Maranguape, mais resistentes à erosão, em função da constituição mineralógica, a qual apresenta maior proporção de minerais félsicos, a exemplo do quartzo, k-feldspatos e plagioclásio, em detrimento dos constituintes máficos.

Conflito de Interesse: Declarar conflitos de interesse ou declarar "Os autores declaram não haver conflito de interesse". Os autores devem identificar e declarar quaisquer circunstâncias ou interesses pessoais que possam ser percebidos como influenciando de forma inadequada a representação ou interpretação dos resultados de pesquisa relatados. Qualquer envolvimento dos financiadores na concepção do estudo; na coleta, análise ou interpretação dos dados; na redação do manuscrito, ou na decisão de publicar os resultados deve ser declarado nesta seção. Se não houver envolvimento dos financiadores, favor declarar "Os financiadores não tiveram interferência no desenvolvimento do estudo; na coleta, análise ou interpretação dos dados; na redação do manuscrito, ou na decisão de publicar os resultados".

Contribuições dos Autores: C, A. M. N. participou de todas as fases de elaboração dessa pesquisa. B, F. H.: atuou na construção metodológica, escrita, supervisão, revisão e validação do artigo. L, D. L. S.: atuou na confecção dos produtos cartográficos. S, L. L.: colaborou nos levantamentos realizados em campo, na revisão e validação da pesquisa. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Financiamento: esta pesquisa foi financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, através da concessão de bolsa de estágio pós-doutoral, ao primeiro autor, por meio do Programa Nacional de Pós-Doutorado – PNPd (Chamada Pública nº 59/2018).

Agradecimentos: os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará pelo apoio logístico, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo apoio financeiro e aos revisores da RBC, pelos comentários e sugestões que contribuíram para a maturação do manuscrito.

Conflito de Interesse: os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referências

1. ANDRADE, J. F. P.; GOMES, M. P.; BEZERRA, F. H. R.; CASTRO, D. L.; VITAL, H. Morphotectonic development of the Ceará Terrace: a marginal ridge on the western side of the Romanche Fracture Zone in the Brazilian Equatorial Margin. *Geo-Marine Letters*, v. 38, p. 371-384, 2018. DOI:10.1007/s00367-018-0541-y.
2. ALMEIDA, F. F. M. Ilhas Oceânicas Brasileiras e suas Relações com a Tectônica Atlântica. *Terra Didática*, v. 2, n. 1, p. 3-18, 2006. DOI: 10.20396/td.v2i1.8637462.
3. ALMEIDA, F. F. M.; BRITO NEVES, B. B.; CARNEIRO, C. D. R. The origin and evolution of the South American Platform. *Earth Science Reviews*, n. 50, p. 77-111, 2000. DOI: 10.1016/S0012-8252(99)00072-0.
4. ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D. R.; MACHADO JÚNIOR, D. L.; DEHIRA, L. K. Magmatismo pós-Paleozoico no Nordeste Oriental do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 18, n. 4, p. 451-462, 1988.
5. ANGELIM, L. A. A.; MEDEIROS, V. C.; NESI, J. R.; TORRES, H. H. F.; SANTOS, C. A.; VEIGA JUNIOR, J. P.; MENDES, V. A. Programa Geologia do Brasil. *Geologia e recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte*. Escala 1.500.000. Recife: CPRM, 2006. 119p.
6. ANGELIM, L. A. A.; VASCONCELOS, A. M.; GOMES, I. P.; SANTOS, E. J. Geotectônica do Escudo Atlântico: Província Borborema. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (Ed.). *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: textos, mapas & SIG*. Brasília: CPRM/ Serviço Geológico do Brasil, 2003. p. 264-281.

7. ARAÚJO, C. E. G.; CORDANI, U. G.; WEINBERG, R. F.; BASEI, M. A. S.; ARMSTRONG, R.; SATO, K. Tracing Neoproterozoic subduction in the Borborema Province (NE-Brazil): clues from U-Pb geochronology and Sr-Nd-Hf-O isotopes on granitoids and migmatites. *Lithos*, n. 202-203, p. 167-189, 2014. DOI: 10.1016/j.lithos.2014.05.015.
8. ARTHAUD, M. H. **Evolução Neoproterozoica do Grupo Ceará (Domínio Ceará Central, NE Brasil): da sedimentação à colisão continental brasileira**. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília. 2007. 170p.
9. BARBOSA, A. B. S.; MAIA, R. P. Geomorfologia dos maciços costeiros da Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 19, n. 3, p. 617-633, 2018. DOI: 10.20502/rbg.v19i3.1312.
10. BASTOS, F. H.; CORDEIRO, A. M. N. Propriedades geomorfológicas das rochas e suas repercussões no relevo do nordeste setentrional do Brasil. *Revista William Morris Davis*, v. 2, n.1, p. 1-33, 2021. DOI: 10.48025/ISSN2675-6900.v2n1.2021.135.
11. BASTOS, F. H.; LIMA, D. L. S.; CORDEIRO, A. M. N.; MAIA, R. P. Relevos graníticos do Nordeste brasileiro: uma proposta taxonômica. In CARVALHO JUNIOR, O. A.; GOMES, M. C. V.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T. **Revisões de Literatura Geomorfológica Brasileira**. União de Geomorfologia Brasileira, 2022. p. 737-762.
12. BÉTARD, F. **Montagnes humides au coeur du nordeste brésilien semi-aride: le cas du massif de Baturité (Ceará)**. Thèse de Doctorat. Université de Paris IV, École Doctorale de Géographie de Paris, Sorbonne. 2007. 442p.
13. BÉTARD, F.; PEULVAST, J-P. Evolução morfoestrutural e morfopedológica do Maciço de Baturité e de seu Piemonte: do Cretáceo ao presente. In: BASTOS, F. H. (Org.). **Serra de Baturité: uma visão integrada das questões ambientais**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editor, 2011. p. 35-59.
14. BEZERRA, F. H. R.; VITA FINZI, C. How active is a passive margin? Paleoseismicity in Northeastern Brazil. *Geology*. v. 28, n. 7, p. 591-594, 2000. DOI: 10.1130/0091-7613(2000)28<591:HAIAPM>2.0.CO;2.
15. BIERMAN, P. R.; MONTGOMERY, D. R. **Key Concepts in Geomorphology**. W. H. Freeman and Company Publishers. New York, 2014. p. 145-178.
16. BRANDÃO, R. L. **Sistema de informações para a gestão e administração territorial da Região Metropolitana de Fortaleza-Projeto SINFOR: mapa geológico da Região Metropolitana de Fortaleza**. v. 01. Fortaleza: CPRM, 1995. 34p.
17. BRAGA, A. P. G.; PASSOS, C. A. B.; SOUZA, E. M.; FRANÇA, J. B.; MEDEIROS, M. F.; ANDRADE, V. A. **Geologia da região nordeste do Estado do Ceará: projeto Fortaleza**. Relatório final. Brasília: DNPM/CPRM, 1981. 123p.
18. BRITO NEVES, B. B.; SANTOS, E. J.; VAN SCHMUS, W. R. Tectonic history of the Borborema Province, Northeastern Brazil. In: CORDANI, G. U.; MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (Ed.). Tectonic evolution of South America. 31. **International Geological Congress**. Rio de Janeiro, 2000. p. 151-182.
19. BRITO NEVES, B. B.; PASSARELLI, C. R.; BASEI, M. A. S.; SANTOS, E. J. Idades U-Pb em Zircão de alguns granitos clássicos da Província Borborema. *Revista do Instituto de Geociências*, v. 3, p. 25-38, 2003. DOI: 10.5327/S1519-874X2003000100003.
20. CABY, R.; SIAL, A. N.; ARTHAUD, M. H.; VAUCHEZ, A. Crustal evolution and the Brasiliano Orogeny in Northeast Brazil. In: DALLMEYER, R. D.; LÉCORCHÉ, J. P. (Ed.). **The west African orogeno and circum-Atlantic correlatives**. Berlin: Springer, 1991. p. 373-397.
21. CARNEIRO, D. C.; HAMZA, V. M.; ALMEIDA, F. F. M. Ativação Tectônica, Fluxo Geotérmico e Sismicidade no Nordeste Oriental Brasileiro. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 19, n. 3, p. 310- 322, 1989.
22. CASTRO, D. L.; BEZERRA, F. H. R.; SOUSA, M. O. L.; FUCK, R. A. Influence of Neoproterozoic tectonic fabric on the origin of the Potiguar Basin, northeastern Brazil and its links with West Africa based on gravity and magnetic data. *Journal of Geodynamics*, n. 54, p. 29-42, 2012a. DOI: 10.1016/j.jog.2011.09.002.
23. CASTRO, N. A.; GANADE, C. E.; BASEI, M. A. S.; OSAKO, L. S.; NUTMAN, A. A.; LIU, D. Ordovician A-type granitoid magmatism on the Ceará Central Domain, Borborema Province, NE-Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 36, p. 18-31, 2012b. DOI: 10.1016/j.jsames.2011.11.007.

24. CAVALCANTE, J. C.; VASCONCELOS, A. M.; MEDEIROS, M. F.; PAIVA, I. G. **Mapa Geológico do Estado do Ceará**. Programa Levantamentos Geológicos do Brasil. Escala: 1:500.000. Fortaleza: Serviço Geológico do Brasil/CPRM, 2003.
25. CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil municipal de Maranguape**. Fortaleza: IPECE, 2017. 18p.
26. CLAUDINO SALES, V. **Megageomorfologia do Estado do Ceará**: história da paisagem geomorfológica. São Paulo: Editora Novas Edições Acadêmicas, 2016. 59p.
27. CLAUDINO SALES, V.; PEULVAST, J-P. Evolução morfoestrutural do relevo da margem continental do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. **Caminhos da Geografia**, v.7, n. 2, p. 7-21, 2007.
28. CONDÉ, V. C.; LANA, C. C.; PESSOA NETO, O. C.; ROESNER, E. H.; MORAIS NETO, J. M.; DUTRA, D. C. Bacia do Ceará. **Boletim de Geociências**, Petrobrás, v. 15, n. 2, p. 347-355, 2007.
29. CORDANI, U. G.; PIMENTEL, M. M.; ARAÚJO, C. E. G.; FUCK, R. A. The significance of the Transbrasiliano-Kandi tectonic corridor for the amalgamation of West Gondwana. **Brazilian Journal of Geology**, v. 43, n. 3, p. 583-597, 2013. DOI: 10.5327/Z2317-48892013000300012.
30. CORDEIRO, A. M. N.; GARCEZ, D. S.; BASTOS, F. H. A influência dos componentes geoambientais e das intervenções antropogênicas nos movimentos de massa na sub-bacia hidrográfica do rio Pirapora, Maranguape-Ceará. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, v. 18, n. 1, p. 135-153, 2014. DOI: 10.5902/223649947779.
31. CORRÊA, A. C. B.; 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**, n. 31, v. 1/2, p. 35-52, 2010. DOI: 10.5935/0100-929X.20100003.
32. COSTA, A. T.; CLAUDINO SALES, V. "Os vulcões cearenses" gênese e evolução dos relevos vulcânicos da Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 37, n. 1, p. 1-36, 2020. DOI: 10.51359/2238-6211.2020.239442.
33. COSTA, F. G.; ARAÚJO, C. E. G.; AMARAL, W. S.; VASCONCELOS, A. M.; RODRIGUES, J. B. U-Pb (LA-ICPMS) zircon ages and Nd isotopes for granitoids of the Tamboril-Santa Quitéria Complex, Ceará Central Domain: implication for neoproterozoic syncollisional magmatism in north Borborema Province. **Geologia USP**, v. 13, n. 2, p. 159-174, 2013. DOI: 10.5327/Z1519-874X2013000200009.
34. FETTER, A. H.; SANTOS, T. J. S.; VAN SCHMUS, W. R.; HACKSPACHER, P. C.; BRITO NEVES, B. B.; ARTHAUD, M. H.; NOGUEIRA NETO, J. A.; WERNICK, E. Evidence for Neoproterozoic Continental Arc Magmatism in the Santa Quitéria Batholith of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the assembly of West Gondwana. **Gondwana Research**, v. 6, n. 2, p. 265-273, 2003. DOI: 10.1016/S1342-937X(05)70975-8.
35. FONSÊCA, D. N. **Evolução geomorfológica e sedimentação quaternária no setor oriental do piemonte da Borborema**. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2018. 194p.
36. GANADE, C. E. G.; CORDANI, U. G.; BASEL, M. A.; CASTRO, N. A.; SATO, K.; SPROESSER, W. M. U-Pb detrital zircon provenance of metasedimentary rocks from the Ceará Central and Médio Coreau Domains, Borborema Province, NE-Brazil: tectonic implications for a long-lived Neoproterozoic active continental margin. **Precambrian Research**, v. 206-207, p. 36-51, 2012. DOI: 10.1016/j.precamres.2012.02.021.
37. GURGEL, S. P. P. **Evolução morfotectônica do maciço estrutural do Pereiro, Província Borborema**. Tese (Doutorado em Geodinâmica) - Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2012. 189p.
38. HASUI, Y. Sistema Orogênico Borborema. HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M.; BARTORELLI, A. (Org.). **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. p. 254-288.

39. LIMA, F. J. **Evolução geomorfológica e reconstrução paleoambiental do setor subúmido do Planalto Sedimentar do Araripe: um estudo a partir dos depósitos colúviais localizados nos municípios de Crato e Barbalha-Ceará.** Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2015. 192p.
40. MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Condicionamento estrutural do relevo no nordeste setentrional brasileiro. *Mercator*, v. 13, n. 1, p. 127-141, 2014. DOI: 10.4215/RM2014.1301.0010.
41. MAIA, R. P.; BÉTARD, F.; BEZERRA, F. H. R. Geomorfologia dos maciços de Portalegre e Martins – NE do Brasil: inversão do relevo em análise. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 17, n. 2, p. 273-285, 2016. DOI: 10.20502/rbg.v17i2.801.
42. MATOS, R. M. D. Tectonic evolution of the equatorial South Atlantic. In: MOHRIAK, W.; TALWANI, M. (Ed.). **Atlantic rift and continental margin.** American Geophysical Union. Washington: Publisher Am. Geophys. Union, 2000. p. 331-354.
43. MEDEIROS, M. F.; SOUZA, J. F.; ARAÚJO, C. C.; ANDRADE, F. T. B. **Diagnóstico geoeconômico de Maranguape-CE:** Programa de Gestão e Administração Territorial-GATE. Fortaleza: CPRM, 1995. 28p.
44. MIGÓN, P. **Geomorphological landscapes of the world: granite landscapes of the world.** New York: Oxford University Press Inc., 2006. 417p.
45. MIZUSAKI, A. M. P.; THOMAZ FILHO, A.; MILANI, E. J.; CÉSERO, P. Mesozoic and Cenozoic igneous activity and its tectonic control in the northeastern region of Brazil, South America. *Journal of South America Earth Sciences*, v. 15, p. 183-198, 2002. DOI: 10.1016/S0895-9811(02)00014-7.
46. MORAIS NETO, J. M.; HEGARTY, K.; KARNER, G. D. Abordagem preliminar sobre paleotemperatura e evolução do relevo da bacia do Araripe, Nordeste do Brasil, a partir da análise de traços de fissão em apatita. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, v. 14, n. 1, p. 113-119, 2005.
47. NASCIMENTO, M. A. L.; MEDEIROS, V. C.; GALINDO, A. C. Ediacaran to Cambrian magmatic suites in the Rio Grande do Norte domain, extreme Northeastern Borborema Province (NE of Brazil): current knowledge. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 58, p. 281-299, 2015. DOI: 10.1016/j.jsames.2014.09.008.
48. NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 480p.
49. PECH, P. **Géomorphologie structurale.** Synthèse. Paris: Ed. Armand Colin, 2005. 95p.
50. PENTEADO, M. M. **Fundamentos de geomorfologia.** 3ª. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1983. 186p.
51. PEULVAST, J-P.; BÉTARD, F. Late cenozoic and present-day hillslope erosion dynamics in a passive margin context: stability or instability? Case studies in Northeast Brazil. *Geografia Física e Dinâmica Quaternária*, v. 36, n. 1, p. 139-149, 2013. DOI: 10.4461/GFDQ.2013.36.11.
52. PEULVAST, J. P.; CLAUDINO SALES, V. Dispositivos morfoestruturais e evolução morfotectônica da margem passiva transformante do Nordeste brasileiro. In: III Simpósio Nacional de Geomorfologia, 3., 2000, São Paulo. *Anais...* Campinas, 2000, 3p.
53. PEULVAST, J-P.; CLAUDINO SALES, V. Mapa morfoestrutural do Ceará e áreas adjacentes do Rio Grande do Norte e da Paraíba. In: Brasil. **Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará.** Mapa na escala 1:500.000. Fortaleza: Serviço Geológico do Brasil, 2003.
54. PEULVAST, J-P.; CLAUDINO SALES, V. Stepped surfaces and palaeolandforms in the northern Brazilian <<Nordeste>>: constraints on models of morphotectonic evolution. *Geomorphology*, v. 62, p. 89-122, 2004. DOI: 10.1016/j.geomorph.2004.02.006.
55. PEULVAST, J-P.; CLAUDINO SALES, V. Reconstruindo a evolução morfotectônica da margem passiva do Nordeste brasileiro. In: SILVA, J. B.; LIMA, L. C.; ELIAS, D. (Orgs.). **Panorama da Geografia Brasileira.** 1 ed. São Paulo: AnnaBlume, 2006. p. 47-99.

56. PEULVAST, J-P.; CLAUDINO SALES, V.; GUNNELL, Y. Low post-Cenomanian denudation depths across the Brazilian Northeast: implications for long-term landscape Evolution at a transform continental margin. **Global and Planetary Change**, v. 62, p. 39-60, 2008. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2007.11.005.
57. PEULVAST, J-P; VANNEY, J-R. **Géomorphologie structural: terre, corps plane taires solides**. Tome 2: Relief et géodynamiques. Paris, Gordon and Breach Science Publishers, et Orléans, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 2002. 524p.
58. PINÉO, T. R. G.; ZWIRTES, S.; CALADO, B. O. **Geologia e recursos minerais da folha Baturité – SB.24-X-A-I**: estado do Ceará. Escala 1:100.000. Fortaleza: CPRM, 2017. 93p.
59. PINÉO, T. R. G.; ZWIRTES, S. **Mapa geológico da Folha SB.24-X-A-I Baturité**. Programa Geologia do Brasil. Carta Geológica. Escala 1:100.000. Fortaleza: Serviço Geológico do Brasil/CPRM, 2013.
60. PINÉO, T. R. G.; PALHETA, E. S. M.; COSTA, F. G.; VASCONCELOS, A. M.; GOMES, I. P.; GOMES, F. E. M.; BESSA, M. D. M. R.; LIMA, A. F.; HOLANDA, J. L. R.; FREIRE, D. P. C. **Mapa geológico do Estado do Ceará**. Projeto Geologia e Recursos Minerais do Estado do Ceará. Escala de 1:500.000. Fortaleza: Serviço Geológico do Brasil/CPRM, 2020.
61. PITOMBEIRA, J. P. A.; AMARAL, W. S.; SANTOS, T. J. S.; DANTAS, E. L.; FUCK, R. A. A new record of continental arc magmatism in the Ceará Central Domain, Borborema Province (NE Brazil): evidence from the Pacatuba-Maranguape Complex. **Precambrian Research**, v. 359, p. 1-28, 2021. DOI: 10.1016/j.precamres.2021.106192.
62. SAADI, A.; TORQUATO, J. R. Contribuição à Neotectônica do Estado do Ceará. **Revista de Geologia**, n. 5, p. 5-38. 1992.
63. SCHOBENHAUS, C.; BRITO NEVES, B. B. A geologia do Brasil no contexto da Plataforma Sul-Americana. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (Org.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: textos, mapas e SIG**. Brasília: CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2003. p. 05-54.
64. SILVA, G. M. **Os resíduos sólidos no contexto da rede hidrográfica do município de Maranguape-CE, uma análise integrada**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza. 2021. 164p.
65. SILVA, D. G.; CORRÊA, A. C. B. Aplicação da micromorfologia de solos aos estudos de sedimentos quaternários: uma ferramenta para a reconstrução paleoambiental. **Mercator**, v. 8, n. 15, p. 111-138, 2009. DOI: 10.4215/RM2009.0815.0009.
66. 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.
67. THORNBURY, William D. **Princípios de geomorfologia**. Buenos Aires: Editorial Kapelusz, 1966. p. 17-35.
68. TORQUATO, J. R. F.; ALMEIDA, A. R.; SIDRIM, A. C.; MARANHÃO, C. M. L; PARENTE, C. V; NOGUEIRA NETO, A. J.; ANDRADE FILHO, J. F.; SOUZA, J. V.; SOUZA, M. J. N.; ARTHAUD, M. H. Granitoides de Quixadá: região de Quixadá e Solonópole. **Revista de Geologia**, UFC, v. 2, n. 1/2, 1989. 145p.
69. VIDAL ROMANÍ, 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.
70. WANG, X.; AULER, A. S.; EDWARDS, R. L.; CHENG, H.; CRISTALLI, P. S.; SMART, P. L.; RICHARDS, D. A.; SHEN, C. C. Wet periods in northeastern Brazil over the past 210 kyr linked to distant climate anomalies. **Nature**, v. 432, p. 740-743, 2004. DOI: 10.1038/nature03067.
71. WERNECK, L. S.; MAGINI, C.; SALGUEIRO, A. R. G. N. L. Análise de correspondências de litogeoquímica de vulcanismos cenozoicos na porção setentrional da Província Borborema, Brasil. **Revista do Instituto de Geociência, USP**, v. 18, n. 3, p. 105-116, 2018. DOI: 10.11606/issn.2316-9095.v18-125491.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.