

PROPRIEDADES GEOMORFOLÓGICAS DAS ROCHAS E SUAS REPERCUSSÕES NO RELEVO DO NORDESTE SETENTRIONAL DO BRASIL

GEOMORPHOLOGICAL PROPERTIES OF THE ROCKS AND THEIR REPERCUSSIONS IN THE RELIEF OF THE NORTH SECTOR IN BRAZILIAN NORTHEAST REGION

PROPRIETES GEOMORPHOLOGIQUES DES ROCHES ET LEURS REPERCUSSIONS SUR LE RELIEF DANS LE SECTEUR NORD-EST DU BRÉSIL

FREDERICO DE HOLANDA BASTOS ¹
ABNER MONTEIRO NUNES CORDEIRO ²

¹ Professor do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará/UECE.
E-mail: fred.holabda@uece.br, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4330-7198>

² Pós-doutorando do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará/UECE.
E-mail: abnermncordeiro@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4867-7083>

Recebido 25/06/2021

Enviado para correção 30/06/2021

Aceito 30/07/2021

RESUMO

As propriedades geomorfológicas das rochas constituem fatores endógenos passivos na formação dos relevos e influenciam diversos aspectos, com destaque para o escoamento superficial, a desagregação mecânica e a decomposição química. O setor setentrional do Nordeste brasileiro possui paisagens desenvolvidas sobre litologias das províncias Borborema e Parnaíba, cujo mosaico de unidades litológicas deixa marcas distintas ao longo da morfologia regional. O presente trabalho visa apresentar os principais reflexos litológicos nas geoformas nessa área e foi elaborado a partir de revisões bibliográficas, utilização de técnicas de geoprocessamento e levantamentos de campo. Os resultados foram divididos de acordo com as principais categorias litológicas regionais (rochas metamórficas, rochas magmáticas, rochas sedimentares e depósitos sedimentares) e seus respectivos reflexos morfoestruturais.

Palavras-chave: Controle litológico do relevo. Província Borborema. Província Parnaíba. Geomorfologia estrutural.

ABSTRACT

The geomorphological properties of rocks are endogenous factors in the formation of reliefs and influence several aspects, with emphasis on surface runoff, mechanical breakdown and chemical weathering. The northern sector of the Northeast region of Brazil has landscapes developed on lithologies from the Borborema and Parnaíba provinces, whose mosaic of lithological units leaves distinct marks along the regional morphology. The present work aims to present the main lithological reflexes in the geoforms in this area and it was elaborated from bibliographical reviews, use of geoprocessing techniques and fieldwork. The results were divided according to the main regional lithological categories (metamorphic rocks, magmatic rocks, sedimentary rocks and sedimentary deposits) and their respective morphostructural reflections.

Keywords: Lithological relief control. Borborema Province. Parnaíba Province. Structural geomorphology.

RÉSUMÉ

Les propriétés géomorphologiques des roches sont des facteurs endogènes passifs dans la formation des reliefs et influencent plusieurs aspects, en mettant l'accent sur le ruissellement de surface, la dégradation mécanique et l'altération chimique. Le secteur nord de la région nord-est du Brésil présente des paysages développés sur les lithologies des provinces de Borborema et Parnaíba, dont la mosaïque d'unités lithologiques laisse des marques distinctes le long de la morphologie régionale. Le présent travail vise à présenter les principaux réflexes lithologiques dans les géoformes de cette zone et il a été élaboré à partir de revues bibliographiques, d'utilisation des techniques de GIS et travail sur le terrain. Les résultats ont été présentés selon les principales catégories lithologiques régionales (roches métamorphiques, roches magmatiques, roches sédimentaires et dépôts sédimentaires) et leurs aspects morphostructuraux dérivés.

Mots clés: Propriétés géomorphologiques des roches. Province de Borborema. Province de Parnaíba. Géomorphologie structurale.

INTRODUÇÃO

A crosta terrestre apresenta uma resistência diferencial em relação aos processos erosivos que nela atuam, pois o comportamento geomorfológico das rochas depende de sua resistência face à atuação dos agentes intempéricos químicos e físicos (BÜDEL, 1982).

A evolução do modelado terrestre, analisada ao longo do tempo geológico, incorpora o antagonismo determinado pelas forças endógenas, que têm origem no interior da Terra, e exógenas, que atuam na superfície terrestre destruindo elevações, construindo formas e preenchendo depressões, ao longo do tempo e espaço (PENCK, 1924; SAADI, 1998; FLORENZANO, 2008). Os fatores endógenos podem se manifestar de diferentes maneiras e constituem peça fundamental na interpretação do relevo (THORNBURY, 1966), sobretudo no âmbito da abordagem da Geomorfologia Estrutural, podendo ser ativos e passivos (PENTEADO, 1983).

Os fatores endógenos ativos, formadores e deformadores de diferentes tipos de rochas, provocam soerguimentos dos continentes e dobramentos nas bordas de placas tectônicas, além de diversas outras formas de deformações crustais. Associados a essas atividades ocorrem falhamentos, fraturamentos, movimentos sísmicos, magmatismo intrusivo, vulcanismo, etc. Já os fatores endógenos passivos são os que oferecem resistência ao desgaste erosivo, sendo representados pelos diferentes tipos de litologias e por suas propriedades geomorfológicas (GOUDIE, 2016) como o grau de coesão, macicez, permeabilidade, solubilidade e heterogeneidade (PENTEADO, 1983; CASSETI, 2005), cuja relação se expressa no comportamento das rochas em relação à ação da atmosfera e hidrosfera.

A compreensão do relevo deve levar em consideração tanto o papel da estrutura geológica quanto os processos morfogenéticos. Enquanto as diferenças litológicas e tectônicas expressam a configuração geral do modelado, o clima, através dos respectivos processos, responde pela dissecação do relevo, expondo a estrutura através da erosão diferencial, ao mesmo tempo em que a intensidade da dissecação pode estar associada à ação tectônica ou à resistência litológica (TRICART; CAILLEUX, 1972; CASSETI, 2005). Assim, a relação entre estrutura e clima deve ser vista numa perspectiva integrada.

Neste contexto, sob a ação predominante dos fatores endógenos, são formados os elementos morfoestruturais e morfotectônicos, representados pelas litologias, pelo arranjo estrutural destas, e pelas pressões magnéticas. A partir da ação de fatores exógenos são modeladas as fisionomias primárias dos corpos litológicos, através do desgaste erosivo das formas estruturais, formando os elementos morfoestruturais (MESCIERJAKOV, 1968).

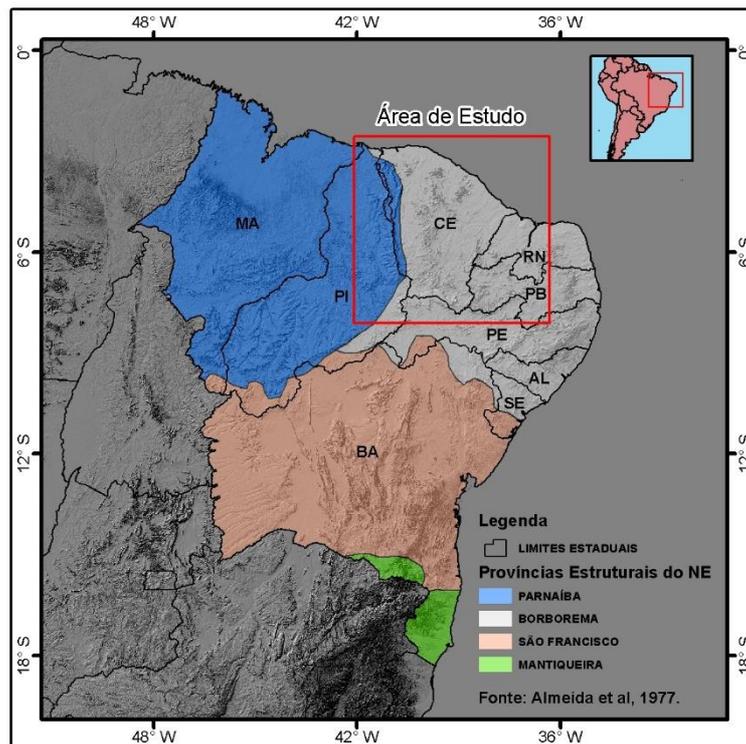
O setor setentrional do Nordeste brasileiro apresenta um amplo mosaico paisagístico desenvolvido numa margem passiva mesozoica sobre litologias de duas importantes províncias estruturais brasileiras (Borborema e Parnaíba). Claudino Sales e Peulvast (2007) analisam essa área como um amplo anfiteatro erosivo, cuja megageomorfologia tem origem nos soerguimentos cretáceos e ciclos erosivos cenozoicos. Nessa perspectiva, para compreender os relevos dessa área é fundamental uma interpretação acerca das litologias regionais e seus reflexos geomorfológicos.

Buscando contribuir com a interpretação dos relevos do setentrional do Nordeste brasileiro, o presente artigo apresenta uma análise geomorfológica regional baseada nas propriedades geomorfológicas das principais unidades litológicas regionais, cuja área de estudo compreende as folhas ao milionésimo SA-24 e SB-24 (Folhas Fortaleza e Jaguaribe).

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo se situa no setor setentrional do Nordeste brasileiro abrangendo na integralidade o estado do Ceará e parte dos estados do Piauí, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, compreendendo as folhas ao milionésimo SA-24 e SB-24. No ponto de vista estrutural, esse recorte espacial abrange o setor norte da Província Borborema e setor leste da Província Parnaíba (Figura 1).

Figura 1 – Localização da área de estudo em relação às Províncias Estruturais do Nordeste brasileiro.



Fonte: Adaptado de Almeida et al. (1977).

A Província Borborema, situada no extremo NE do Brasil, representa um conjunto de grandes segmentos crustais de uma extensa faixa de dobramentos fortemente afetada pela Orogênese Brasileira no Neoproterozoico (JARDIM de SÁ, 1994; VAN SCHMUS et al., 1998; BRITO NEVES et al., 2000; BEZERRA et al., 2011; CASTRO et al., 2012), sendo dividida em seu setor setentrional, em Domínios Médio Coreaú, Ceará Central e Rio Grande do Norte (ANGELIM et al., 2003; SANTOS; BRITO NEVES, 1984; ARTHAUD et al., 2008).

A Província Borborema apresenta um complexo mosaico litoestrutural, derivado de sua história geológica, com rochas metamórficas, preferencialmente arqueanas e paleoproterozoicas, rochas plutônicas neoproterozoicas (VAN SCHMUS et al., 1998), bacias sedimentares intracratônicas Fanerozoicas, além de depósitos sedimentares cenozoicos (HASUI, 2012), como, por exemplo, os depósitos do Grupo Barreiras e correlatos, parcialmente, recobertos por sedimentos aluvionares e eólicos holocênicos (ALMEIDA et al., 1977; BRASIL, 2003).

A Província Parnaíba constitui uma vasta sinéclise paleozoica (MILANI; ZÁLAN, 1999) formada por subsidência (ALMEIDA et al., 1981; BRITO NEVES et al., 1984; PEREIRA et al., 2012) cuja área total atual é de cerca de 600.000 km² (MESNER; WOOLDRIDGE, 1964; PETRI; FULVARO, 1983; VAZ et al., 2007. GÓES; FEIJÓ, 1994).

Essa bacia situa-se sobre um embasamento formado por crátons sinbrasilianos e cinturões orogênicos brasileiros bastante falhados (SILVA et al., 2003). Suas sequências possuem gênese policíclica, derivada de sucessivos eventos de imersão da superfície da plataforma abaixo do nível de base regional e seu soerguimento subsequente (ABREU et al., 1988; BRITO NEVES, 1975; CAMACA, 2015).

Tendo em vista a origem policíclica dos sistemas deposicionais da bacia do Parnaíba, encontram-se diversas unidades geológicas mapeadas com litologias sedimentares variadas (arenitos, conglomerados, siltitos e argilitos), além da ocorrência de rochas vulcânicas mesozoicas da Formação Sardinha, que ocorrem na forma de diques e soleiras de idade cretácea, observadas na borda oriental da bacia (FERRAZ et al., 2017).

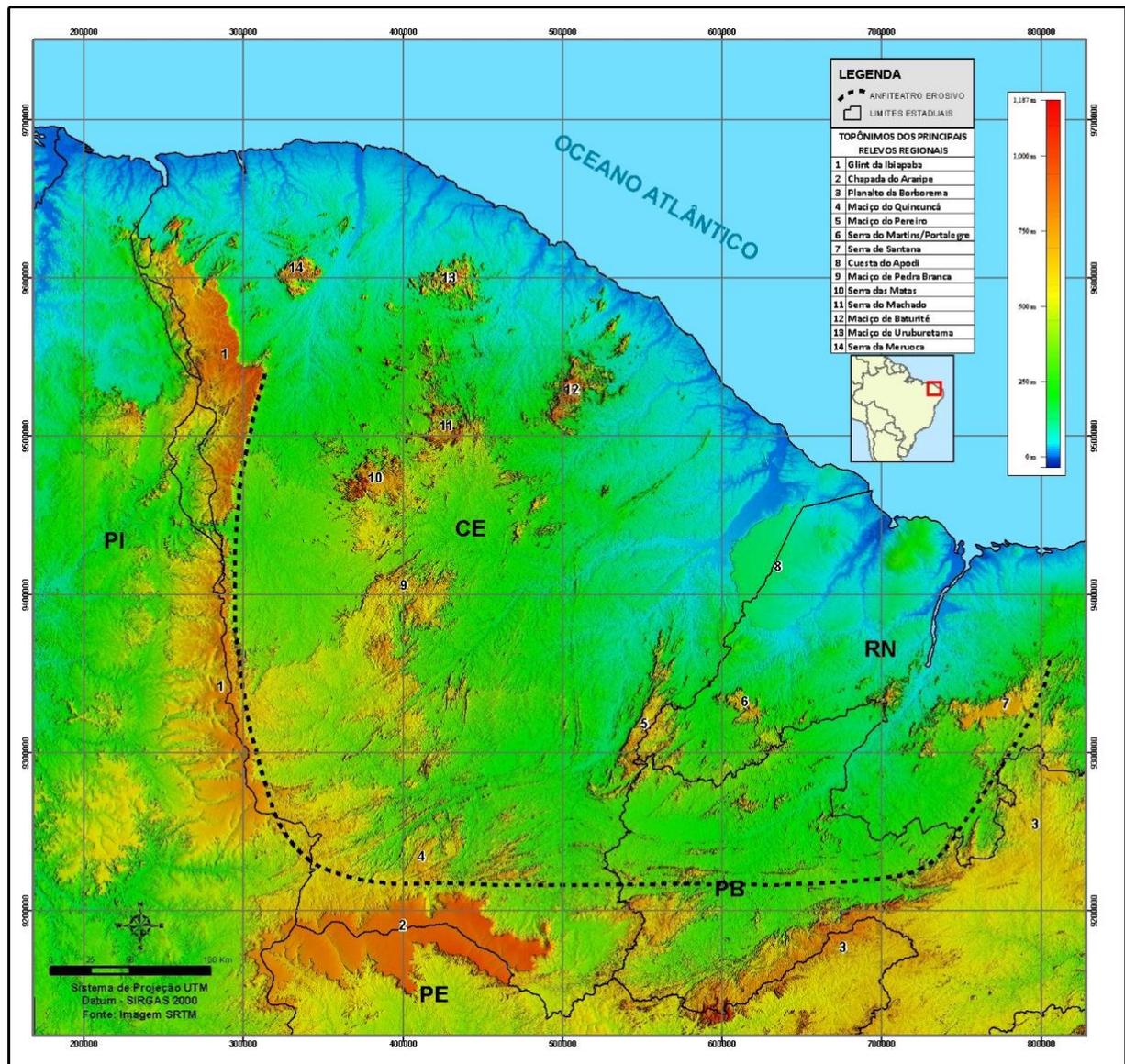
Após a Orogênese Brasileira, o setor em análise foi submetido a um período de calma tectônica (ALMEIDA, 1977; ALMEIDA; BRITO NEVES; CARNEIRO, 2000), o qual durou até o Mesozoico, quando a partir do Triássico Superior (~230 Ma), iniciaram os processos responsáveis pela fragmentação do supercontinente Pangea, levando à abertura do Oceano Atlântico, à individualização da Placa Sul Americana e a formação da margem continental do Ceará e do NE brasileiro em geral (CLAUDINO SALES; PEULVAST; 2007).

Durante e após a abertura do Oceano Atlântico, no Cretáceo superior, o interior do NE brasileiro foi submetido a soerguimentos regionais abrangendo o embasamento e as bacias sedimentares (CREMONINI, 1997; PEULVAST; CLAUDINO SALES, 2004; CLAUDINO SALES, 2016). Esses soerguimentos, associados aos processos de erosão diferencial ao longo do Cenozoico foram responsáveis pela atual configuração geomorfológica do Nordeste setentrional, interpretada por Claudino Sales e Peulvast (2004; 2007) como um grande anfiteatro erosivo (Figura 2).

Tendo em vista apresentar as principais unidades litológicas da área de estudo de maneira a fundamentar uma abordagem acerca das propriedades geomorfológicas das rochas, numa perspectiva regional, optou-se por apresentar as litologias, a partir de sua classificação básica (rochas metamórficas, magmáticas e sedimentares). O mapeamento apresentado foi elaborado tendo como base os mapas geológicos elaborados da escala de 1:1.000.000 pelo Serviço Geológico Brasileiro - CPRM referentes às folhas SA-24 e SB-24 (Figura 3).

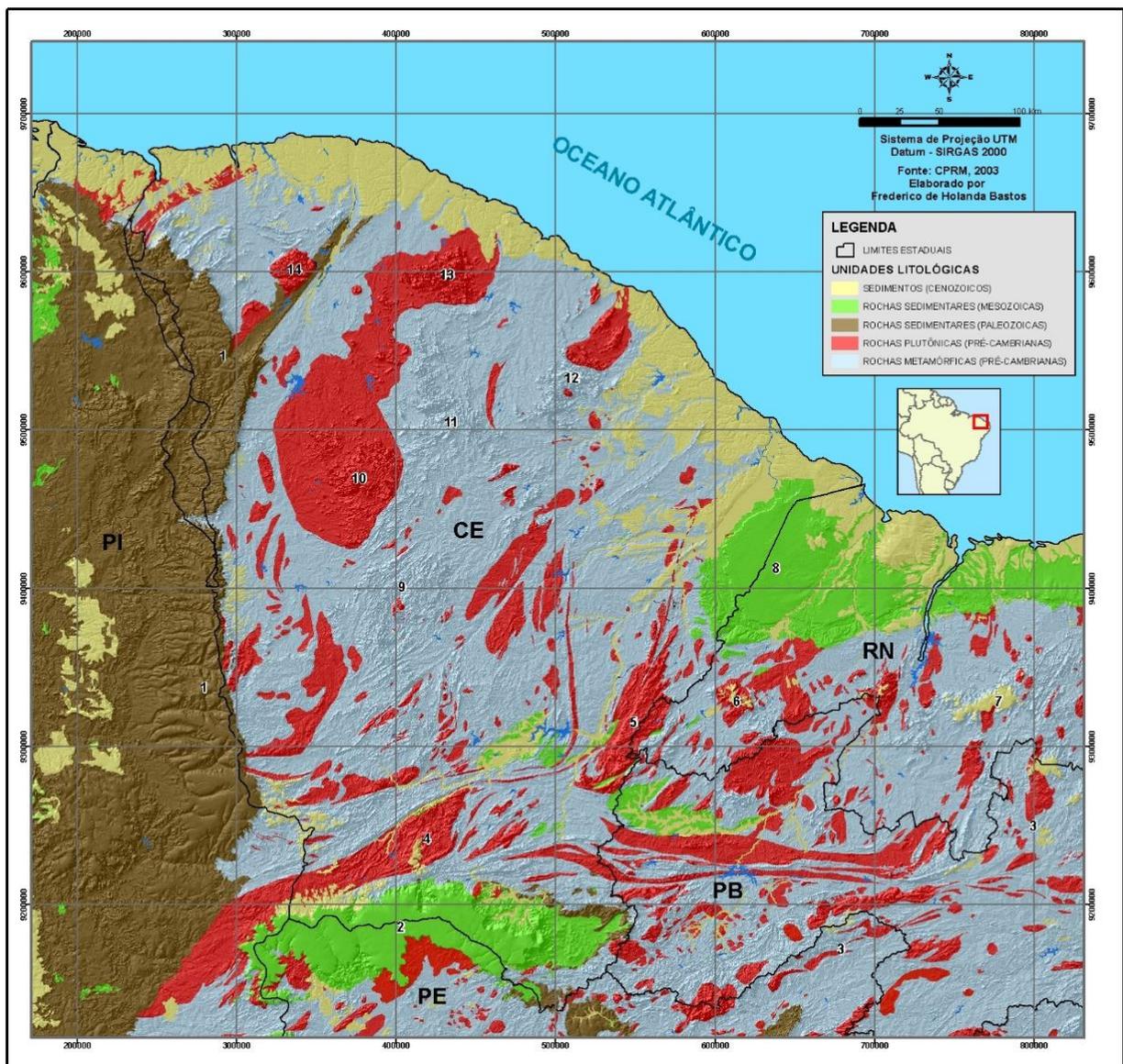
A área de estudo possui clima predominante semiárido, intercalado por setores subúmidos litorâneos e de ambientes montanhosos (ALVAREZ et al., 2014), sendo que a semiaridez tem predominado regionalmente desde o Neógeno (MORAIS NETO; HEGARTY; KARNER, 2005), intercalada por pulsos de períodos úmidos (BEHLING et al., 2000; WANG et al., 2004). Dessa forma, é importante enfatizar que essa caracterização climática e paleoclimática regional comandou os sistemas morfogenéticos aos quais as litologias analisadas foram sujeitas.

Figura 2 – Hipsometria tridimensional da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores, modificado de Gurgel (2012).

Figura 3 – Macrounidades litológicas do setor setentrional do Nordeste brasileiro.



Fonte: Elaborada pelos autores, com base nas Folhas Geológicas SA.24 Fortaleza e SB.24 Jaguaribe. (Topônimos dos principais relevos regionais: 1-Glinc da Ibiapaba; 2-Chapada do Araripe; 3-Planalto da Borborema; 4-Serra do Quincuncá; 5-Serra do Pereiro; 6-Serras do Martins e Portalegre; 7-Serra de Santana; 8-Cuesta do Apodi; 9-Macijo de Pedra Branca; 10-Serra das Matas; 11-Serra do Machado; 12-Macijo de Baturité; 13-Macijo de Uruburetama; e 14-Serra da Meruoca).

MATERIAIS E MÉTODOS

O percurso metodológico do presente artigo debruçou-se em quatro etapas: levantamentos bibliográficos e cartográficos; técnicas de geoprocessamento; levantamentos de campo e integralização dos dados.

Tendo em vista a necessidade de se conhecer os aspectos litológicos da região em análise, foram consultados artigos publicados em revistas nacionais e internacionais, além dos mapeamentos geológico elaborados por Brasil (2003), Pinéo et al. (2020) e o mapa morfoestrutural do Ceará e adjacências elaborado por Peulvast e Claudino Sales (2003). Além desses dados, também foram utilizadas as imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography*

Mission), com resolução de 30m para se interpretar as formas de relevo e edição de dados vetoriais por meio dos *softwares* QGIS 2.18.1 e Global Mapper 18.

Com a utilização de técnicas de geoprocessamento foram feitas sobreposições dos dados geológicos com as imagens SRTM, para que se pudesse fazer uma interpretação geral dos aspectos morfoestruturais. Dentre as técnicas adotadas, destacam-se a vetorização, a interpretação de imagens e a manipulação de banco de dados do sistema de informações geográficas.

Além das etapas anteriores foram elaborados diversos levantamentos de campo durante os últimos cinco anos ao longo da área analisada, onde se puderam analisar, *in loco*, as formas de relevo em microescala, além de se coletar registros fotográficos e amostras de rochas.

Lançando mão de todas as informações anteriormente mencionadas, foi feita a integralização dos dados de modo a permitir uma interpretação que contemplasse a devida complexidade das formas de relevo analisadas e que permitisse a elaboração do relatório final.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

PROPRIEDADES GEOMORFOLÓGICAS DAS ROCHAS

O comportamento das rochas com relação ao intemperismo depende de suas propriedades físicas e químicas sob a ação de diferentes condições climáticas (PECH, 2005). A estrutura geológica é um fator de controle determinante na evolução das formas de relevo e pode se refletir nelas (THORNBURY, 1966), tornando-se um arcabouço que se sobrepõe hierarquicamente aos sistemas morfogenéticos.

As propriedades da rocha podem ser avaliadas em diferentes escalas, desde grandes lineamentos e fraturas até microporos de rocha. A questão da escala é importante pois a resistência não é uniforme em toda a paisagem, e os principais agentes erosivos atuam em diferentes escalas espaciais e temporais (GOUDIE, 2016).

O intemperismo das rochas é um componente chave do ciclo das rochas que transforma as rochas em sedimentos e/ou dissolve minerais em íons e desempenha um papel importante no desenvolvimento de formas de relevo e na evolução da paisagem (KRKLEC; DOMINGUEZ-VILAR; PERICA, 2021).

Os processos de dissecação, em qualquer clima, são influenciados pela natureza e disposição das rochas, presença ou ausência de fraturas, planos de estratificação, falhas e dobras, solidez das rochas, dureza física dos minerais componentes, susceptibilidade à alteração química, permeabilidade ou impermeabilidade e pela evolução tectônica geral da região (THORNBURY, 1966; TRICART, 1974). Corroborando com tal afirmação, Corrêa et al. (2010) afirma que a erosão está subordinada ao relevo criado primordialmente pela estrutura.

Além dos aspectos físicos das rochas, o estudo da sua composição mineralógica também permite identificar várias características relativas à sua resistência. A abundância de minerais pouco alteráveis favorece à resistência química de uma rocha. O quartzo e alguns minerais pesados, como, por exemplo, a turmalina, zircão e rutilo, são pouco alteráveis e conseqüentemente bem resistentes. Em contrapartida, a gipsita é um mineral facilmente alterável cuja resistência mecânica é baixa. Pode-se destacar, por ordem decrescente de resistência, os seguintes minerais: quartzo, feldspato potássico, muscovita, plagioclásio sódico, biotita, plagioclásio cálcico, feldspatoides, anfíbolitos, piroxênios, olivina, calcita, gipsita e o talco (PECH, 2005). Hierarquizando-se a dureza das rochas, pode-se colocar os quartzitos, granitos e gnaisses no topo, os calcários e ardósias em posição intermediária, e os xistos, alguns arenitos e as rochas sedimentares mistas na base. O teor de sílica é um fator importante nessa dureza (PEULVAST; VANNEY, 2002).

A heterogeneidade de minerais tende a se refletir nas características químicas, texturais, estruturais e na densidade e padrão de fraturas de algumas rochas como, por exemplo, os granitos (VIDAL ROMANÍ; TWIDALE, 2010), proporcionando diferentes comportamentos morfológicos. Logo, as rochas mais ricas em sílica são menos sensíveis à decomposição química, contudo, rochas ricas em biotita são mais suscetíveis à alteração (PENTEADO, 1983; PECH, 2005).

Dentre as propriedades geomorfológicas das rochas, o grau de coesão, de plasticidade e de permeabilidade influenciam diretamente no escoamento superficial, enquanto que o grau de maciez e o tamanho dos grãos influenciam na desagregação mecânica, e o grau de solubilidade e de heterogeneidade influem na decomposição química (PENTEADO, 1983). Gerrard (1988) indica que as propriedades mais importantes com relação à desagregação mecânica são: 1. Dureza, resistência à abrasão ou resistência ao esmagamento e ao choque; 2. Porosidade e permeabilidade; e 3. Resistência à compressão, tensão e cisalhamento.

A resistência à meteorização depende das propriedades dos minerais de uma rocha com destaque para a sua combinação, seus contatos e os aspectos estruturais da rocha. A eficácia da decomposição química depende da solubilidade dos minerais, do pH da água e da energia da rede de drenagem (PEULVAST; VANNEY, 2002). A mobilidade relativa de íons constitui um fator importantes na alteração de minerais, onde alguns elementos são alterados mais rapidamente do que outros conforme a seguinte ordem decrescente: (Ca, Mg, Na), K, Fe, Si, Ti e Al (GERRARD, 1988).

A porosidade das rochas depende da forma dos grãos, dos seus tamanhos e do grau de compactação, de cimentação e endurecimento da rocha. Ela é geralmente mais baixa em rochas heterométricas do que em rochas equigranulares. A porosidade de microfissuras é preponderante nos calcários cristalinos e na maioria das rochas intrusivas e metamórficas (PEULVAST; VANNEY, 2002).

Tendo em vista essa grande variedade de propriedades e reflexos morfológicos, a análise dos relevos de uma determinada área deve considerar os seus aspectos litológicos e, quanto maior for a diversidade de rochas, maior deverá ser a diversidade morfológica.

De maneira a organizar a apresentação das propriedades geomorfológicas do recorte espacial do Nordeste setentrional brasileiro, optou-se por abordar, de forma separada, os grandes grupos de unidades litológicas (Rochas Metamórficas, Rochas Magmáticas, Rochas Sedimentares e Depósitos Sedimentares).

ROCHAS METAMÓRFICAS

As rochas metamórficas constituem os litotipos mais abrangentes do setor analisado e também são as rochas mais antigas (BRASIL, 2003; PINÉO et al., 2020), variando de ocorrências arqueanas e paleoproterozoicas derivadas de eventos geológicos pré-brasilianos relevantes na constituição estrutural regional, tais como o Ciclo Transamazônico (BRITO NEVES et al., 2000).

As propriedades físicas e químicas das rochas metamórficas dependem de diversos fatores como a rocha originalmente metamorfizada (protólito), o grau de metamorfismo, a composição mineralógica, os planos de foliação, etc. (PENHA, 2009). Tais propriedades influenciam diretamente nos processos intempéricos e, conseqüentemente, no relevo derivado.

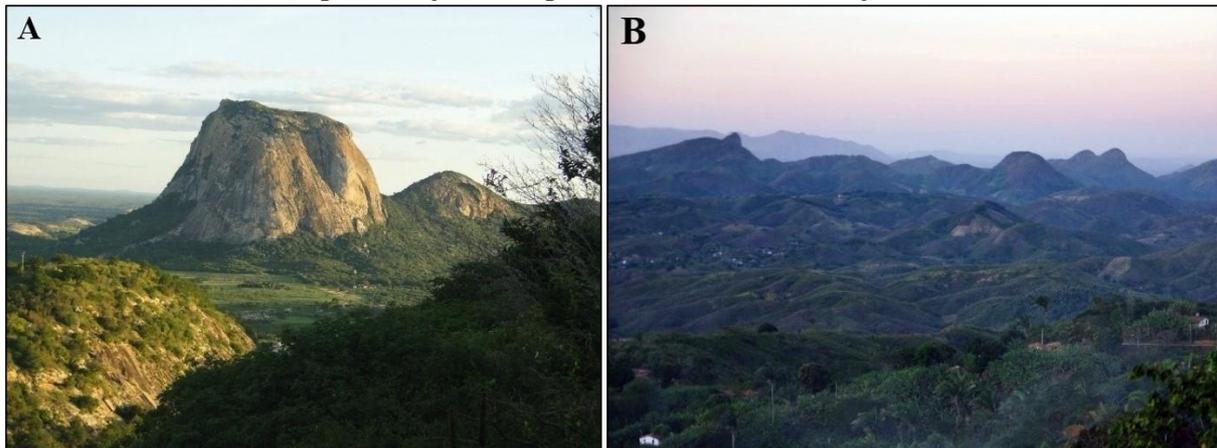
O afloramento das rochas metamórficas demanda um prolongado trabalho erosivo e tectônico de soerguimentos. A morfologia de regiões constituídas preferencialmente por rochas metamórficas tende a ser suavemente monótona cuja erosão diferencial forma cristas e vales relacionados à xistosidade, e o direcionamento preferencial das deformações estruturais comandam a evolução morfológica (PECH, 2005; GERRAD, 1988).

De maneira geral, as rochas metamórficas tendem a ser mais resistentes à erosão do que seus equivalentes sedimentares (GERRARD, 1988), no entanto a resposta geomorfológica do setor setentrional do NE brasileiro contradiz essa regra, tendo em vista os expressivos compartimentos geomorfológicos elevados sustentados por arenitos (*glint* da Ibiapaba e chapada do Araripe) se comparados às superfícies rebaixadas em rochas metamórficas (superfícies sertanejas). Esse contexto pode ser explicado pelas deformações estruturais que as litologias metamórficas regionais foram submetidas ao longo de sua história geológica, cujas litologias mais fragilizadas, como as gnáissicas e migmáticas, que se apresentam extremamente falhadas e dobradas, foram erodidas (CLAUDINO SALES, 2016; CLAUDINO SALES; LIRA, 2011).

Dentre as rochas metamórficas podem ocorrer rochas tenras como paragneisses e micaxistos, como nos casos das Unidades Canindé, Sertânia, Seridó e Jaguaretama (ANGELIM et al., 2006; PINÉO et al., 2020). Essas rochas apresentam grande diversidade mineralógica, além de descontinuidades muito comuns, como planos de foliação e clivagem, e, em termos geomorfológicos, constituem superfícies de aplainamento, regionalmente denominadas de depressões sertanejas. A morfologia predominante dessas áreas é marcada por relevos suavemente ondulados, podendo ser classificados como superfícies erosivas conservadas com uma rede de drenagem com padrão dendrítico.

Algumas ocorrências de ortogneisses justificam feições dômicas similares a determinadas paisagens graníticas, podendo ser classificados como inselbergs dômicos (*bornhardts*), situados em superfícies de aplainamento, ou pães de açúcar, quando ocorrem em superfícies de dissecação (Figura 4). É importante destacar que existem alguns maciços cristalinos, ou parte deles, sustentados por gnaisses como o caso da serra de São Pedro, Baturité e Pedra Branca. Nesses casos os gnaisses se apresentam maciços e com grãos menores o que lhes dá uma maior resistência aos processos erosivos.

Figura 4 - (A) inselberg dômico na superfície de erosão do município de Quixadá/CE e (B) *bornhardts* ou pão de açúcar no platô dissecado do Maciço de Baturité/CE.



Fonte: Frederico de Holanda Bastos (2019).

Determinados setores do embasamento pré-cambriano apresentam-se bastante deformados por importantes zonas de cisalhamento regionais, como nas deformações do Domínio do Médio Coreaú (TORQUATO; NOGUEIRA NETO, 1996) e nos setores influenciados pelo lineamento de Patos e pelas zonas de cisalhamento de Senador Pompeu e de Santa Mônica (ANGELIM et al., 2006). Nessas áreas, as deformações justificam planos de foliações organizados paralelamente que expõem estruturas mineralógicas paralelas com resistência diferenciada. Dessas condições estruturais derivam redes de drenagem que se

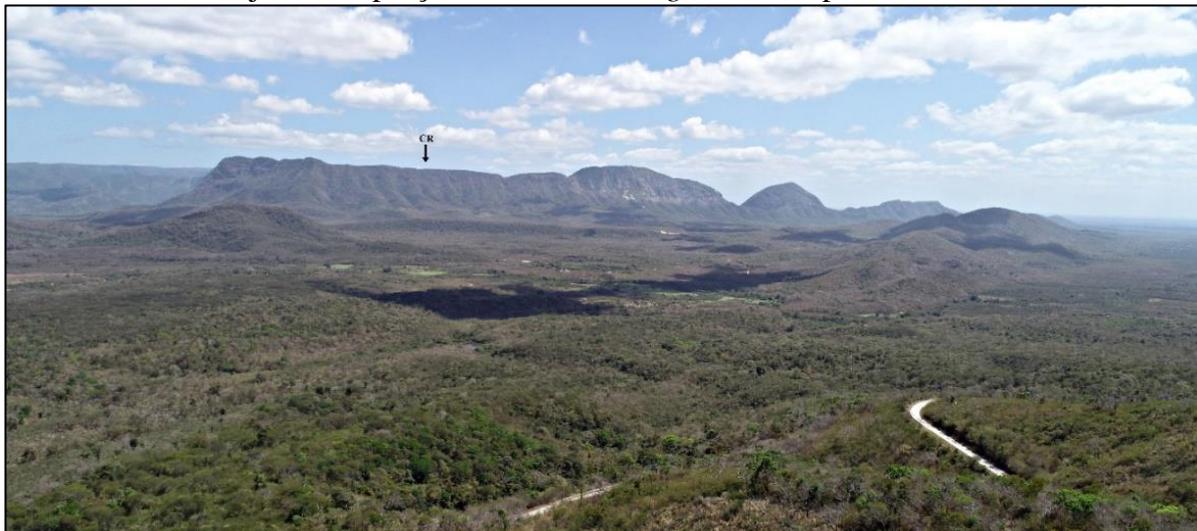
organizam em padrões retangulares e relevo com cristas paralelas como no caso da serra dos Bastiões, São Joaquim e Ubatuba, ambas no Ceará (Figura 5 e 6).

Figura 5 – Paralelismo de cristas residuais (CR) nas proximidades da Serra de São Pedro, região do Cariri cearense.



Fonte: Abner Monteiro Nunes Cordeiro (2019).

Figura 6 – Cristas residuais (CR) de Ubatuba, localizada na superfície de aplainamento adjacente a porção setentrional do *glint* da Ibiapaba, Ceará.



Fonte: Frederico de Holanda Bastos (2020).

Dentre as rochas metamórficas de maior resistência destacam-se os quartzitos, que são homogêneos, silicosos, de baixa solubilidade e geralmente maciços (GERRARD, 1988; PENTEADO, 1983). No contexto analisado é comum a ocorrência de quartzitos dobrados, justificando relevos residuais aguçados como cristas e *hogbacks*. Tais relevos podem se destacar ao longo das superfícies sertanejas (ex. serras do Félix e São Joaquim, ambas no Ceará) ou em superfícies elevadas de maciços metamórficos como Baturité e Machado (Ceará). Uma crista quartzítica bastante conhecida no contexto regional é o Pico Alto, situado no ponto mais elevado do Maciço de Baturité (Figura 7).

Figura 7 – (A) Quartzito na vertente de sotavento do Maciço de Baturité (Pico Alto) e (B) afloramento verticalizado em Aratuba, Ceará.



Fonte: Frederico de Holanda Bastos (2019).

Com relação às rochas metamórficas de maior solubilidade destacam-se os metacalcários, que se distribuem regionalmente formando relevos residuais importantes com feições de dissolução em níveis de desenvolvimento diferenciados, dependendo do contexto topográfico e climático local. Dentre essas rochas destacam-se o mármore e o dolomito (Figura 8). Algumas pesquisas relacionadas com o desenvolvimento dos carstes em metacalcários da Província Borborema com recortes espaciais específicos foram elaboradas, com destaque para Cavalcante (2016) e Moura (2017). Alguns setores merecem destaque quanto ao desenvolvimento de carste em metacalcários na área analisada como é o caso dos municípios de Ubajara, Frecheirinha, Madalena, Tejuçuoca, Farias Brito e Barreiras, no Ceará, e Martins no Rio Grande do Norte.

Algumas características são particularmente importantes com relação aos metacalcários, tais como a pureza, frequência de junta e acamamento, deformação, características químicas, resíduo insolúvel, tamanho do grão, padrão de cristalização e conteúdo fóssil (GERRARD, 1988). Em termos de rochas carbonáticas, também merece destaque os calcários presentes nas bacias sedimentares regionais, no entanto, estes serão abordados posteriormente.

ROCHAS MAGMÁTICAS

No contexto regional analisado, as rochas magmáticas são predominantemente intrusivas (granitoides), com poucas ocorrências de litologias vulcânicas. Os granitos representam elementos litológicos muito importantes na geomorfologia, justificando macro e microformas variadas e distribuídas nos mais diversos domínios morfoclimáticos da Terra (MIGÓN, 2006b), não existindo um padrão morfológico para relevos graníticos (TWIDALE, 1981). A diversidade de rochas magmáticas está relacionada à textura, composição química e mineralógica, e esses parâmetros variam de acordo com a origem do magma (crosta ou manto) e a velocidade de seu resfriamento (PECH, 2005).

Figura 8 – Visão parcial de *inselberg*, em metacalcários da Formação Frecheirinha, exibindo formas exocársticas na cimeira (lapiás), destacando-se na superfície de aplainamento adjacente ao *glint* da Ibiapaba, Ceará.



Fonte: Frederico de Holanda Bastos (2020).

Na Província Borborema diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas ao longo da última década trazendo novas discussões taxonômicas, morfogenéticas e morfoestruturais das paisagens graníticas (MAIA et al., 2015; MAIA; NASCIMENTO, 2018; MAIA et al., 2018; LIMA et al., 2019; RODRIGUES; MAIA, 2019; RODRIGUES; MAIA; GOMES, 2019), porém, destaca-se a presença de estudos bem mais antigos sobre a temática (BRANNER, 1962).

O setor setentrional do NE brasileiro possui uma expressiva distribuição espacial de morfologias graníticas que constituem importantes representantes geomorfológicos em termos mundiais (MIGÓN; MAIA, 2020). Os relevos graníticos dessa área estão associados preferencialmente à exposição de litologias neoproterozoicas relacionadas à Orogênese Brasileira, que representa o mais importante evento tectônico da história geológica da Província Borborema (SCHOBENHAUS; BRITO NEVES, 2003).

As propriedades petrográficas e estruturais dos granitoides (mineralogia, diaclases, solubilidade, anisotropia, tamanhos dos cristais, etc.) condicionam a ocorrência de diferentes tipos de micro e macroformas (MIGÓN, 2006a; GERRARD, 1988). Os produtos da erosão dos granitos podem formar areias, os topos de suas morfologias podem ser desgastados formando blocos grosseiros com aspectos ruiformes denominados de tors e o deslocamento desse material de tamanhos decamétricos ou hectométricos podem gerar significativos caos de blocos (PECH, 2005).

Em termos regionais, percebe-se uma nítida relação entre a composição mineralógica e a caracterização morfológica das exposições graníticas. Com relação à solubilidade, os granitos félsicos (ricos em quartzo e feldspato) estão frequentemente associados a feições de fraturamento (esfoliações, *split rocks*, etc.), enquanto que granitos máficos (pobres em quartzo) percebe-se uma maior concentração de formas de dissolução (*tafoni*, *honeycombs*, *karren* e *gnammas*) (MAIA; NASCIMENTO, 2018). No Nordeste setentrional merecem destaque as impressionantes formas de dissolução do tipo *karren*, *tafoni* e *honeycombs* nos

inselbergs do município de Araruna/PB (Figura 9) e Quixadá/CE e das *gnammas* em Chaval/CE (Figura 10).

Figura 9 - *Tafone* “Pedra da Boca” no município de Araruna, Paraíba.



Fonte: Frederico de Holanda Bastos (2018).

O tamanho dos cristais (e.g. fenocristais e cristais de quartzo fitados) influi diretamente nos processos erosivos. Granitos com granulometria grosseira (pórfiros) tendem a ser mais frágeis e suscetíveis à desagregação granular, enquanto que granitos de granulometria fina (háplitos) tendem a ser mais maciços e resistentes (PENTEADO, 1983). Esse comportamento morfológico torna-se bastante didático em contatos litológicos de gabros e granitos, como no caso do Maciço do Quincuncá (Farias Brito/CE), com uma depressão gabroide no centro de seu volume montanhoso (CORDEIRO, 2017) e do inselberg conhecido como Pedra Aguda (Aracoiaba/CE) com uma superfície erosiva gabroide circunvizinha ao inselberg granítico (Figura 11 e 12).

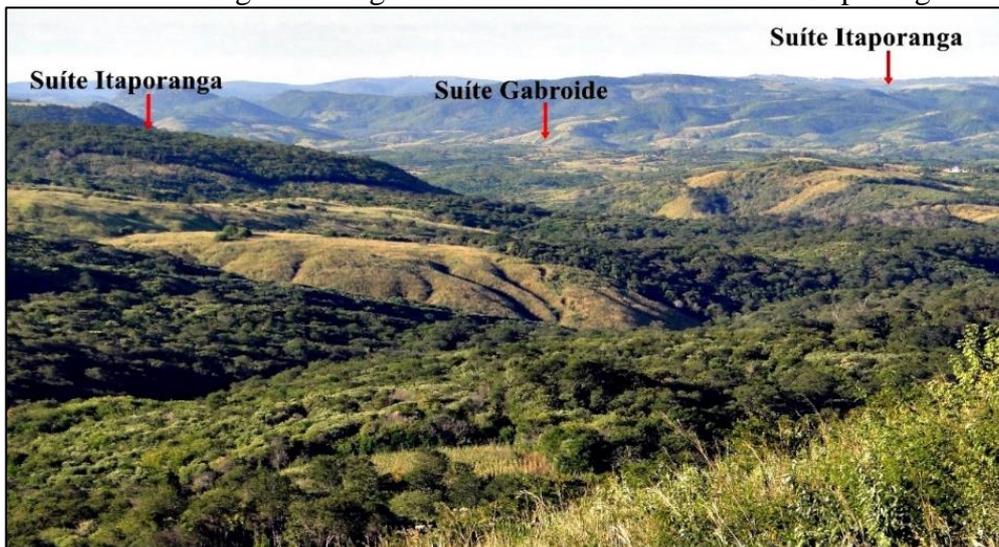
A presença de redes de diaclases está geralmente associada a processos físicos de alívio de pressão pela exposição do plúton e também constitui um componente estrutural importante em termos de configuração geomorfológica dos granitos, pois influencia diretamente na sua maciez (PENTEADO, 1983) e na densidade de *boulders* formados. Granitos com fraturas multidirecionais tendem a formar feições associadas com *boulders* (caos de blocos, *tors*, *castle kopies* e *nubins*), tendo como o exemplo regional mais didático o Lajedo de Pai Mateus (Cabaceiras/PB) (Figura 13).

Figura 10 – Feições negativas de formato circular (*gnammas*-seta vermelha), que ocorrem em escala métrica e decamétrica em inselbergs no município de Chaval, Ceará.



Fonte: Frederico de Holanda Bastos (2020).

Figura 11 - Vista parcial da cimeira dissecada do Maciço do Quincuncá, no município de Assaré, Ceará, onde a porção mais rebaixada corresponde a Suíte Gabroide e os setores mais elevados aos granitos e granodioritos da Suíte Granitoide Itaporanga.



Fonte: Abner Monteiro Nunes Cordeiro (2017).

Figura 12 - Vista do inselberg granítico de Aracoiaba, Ceará, conhecido como “Pedra Aguda”, cujo entorno imediato constitui uma superfície erosiva desenvolvida em gabros.



Fonte: Frederico de Holanda Bastos (2018).

15

Figura 13 – Exposição de feições saprolíticas (*boulders*) no Lajedo de Pai Mateus, Cabaceiras, Paraíba.



Fonte: Frederico de Holanda Bastos (2018).

Os processos de descompressão dos corpos graníticos e em algumas rochas metamórficas (e.g. ortogneisses), também são responsáveis pela formação de juntas e diaclases paralelas às vertentes, justificando expressivos processos de exfoliação. Essa configuração é responsável pelos processos erosivos profundos configurados nos domos rochosos (*bornhardts*) (Figura 14).

Figura 14 – *Bornhardts*, também conhecidos como inselbergs dômicos nos sertões do município de Araruna, Paraíba.



Fonte: Frederico de Holanda Bastos (2018).

O principal exemplo de relevo residual graníticos é o inselberg. Os mais conhecidos campos de inselbergs no setor analisado ocorrem em Quixadá/Quixeramobim (CE), Patos (PB), Araruna (PB), Jucurutu (RN), Chaval (CE) e no entorno da Serra de Uruburetama (CE) (Figura 15). Além dos relevos residuais isolados, destacam-se também os inselguebergs (Serra Azul-CE, Serra da Barriga-CE, Serra do Carnutin-CE), maciços graníticos como Meruoca, Uruburetama, Pereiro e Serra das Matas, no Ceará, e os batólitos de Acari, Monte das Gameleiras, Serra João do Vale, Barcelona, Tourão e Serra de Martins/Portalegre, no Rio Grande do Norte, e os de Catolé do Rocha, Teixeira e Pocinhos, na Paraíba.

Apesar da predominante ocorrência de rochas magmáticas intrusivas do setor analisado, destaca-se a presença de rochas vulcânicas jurássicas da Formação Sardinha, na bacia do Parnaíba, cujos reflexos geomorfológicos não justificam expressivos sobressaltos topográficos, porém, estão associados a microformas singulares, tais como basaltos colunares aflorantes (BARROS et al, 2014).

Além destes exemplos citados, cabe destacar que setor setentrional do NE brasileiro passou por um importante evento vulcânico cenozoico relacionado aos processos de separação da América do Sul e África (MIZUSAKI; THOMAZ FILHO, 2004), apresentando um lineamento relacionado com o Arquipélago de Fernando de Noronha e que deixou evidências morfológicas no continente relacionados a relevos vulcânicos residuais (necks) (COSTA; CLAUDINO SALES, 2020). Tais estruturas vulcânicas são formadas por litologias alcalinas com destaque para os fonólitos e traquitos.

Figura 15 – Inselberg na superfície erosiva rebaixada adjacente a vertente seca do Maciço de Uruburetama, município de Irauçuba, Ceará.



Fonte: Frederico de Holanda Bastos (2020).

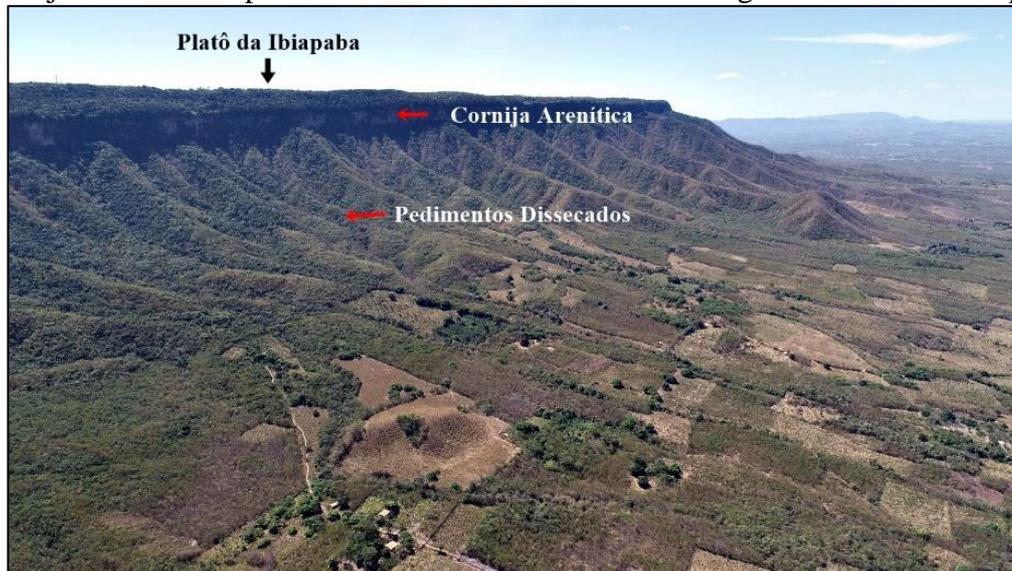
ROCHAS SEDIMENTARES

As rochas sedimentares são classificadas de acordo com a sua origem, composição e tamanho dos grãos de seu material (GERRARD, 1988). As características dos relevos em bacias sedimentares dependem de fatores como a diversidade litológica das camadas, a natureza dos contatos (concordantes horizontais, inclinados ou discordantes) e a intensidade do soerguimento ao qual determinada bacia foi submetida (PENTEADO, 1983). A presente abordagem foca nas propriedades das rochas das principais litologias sedimentares regionais: arenitos, calcários, conglomerados e rochas sedimentares de granulometria fina (argilitos e siltitos).

As litologias sedimentares da área de estudo variam de acordo com a origem do processo deposicional e encontram-se em bacias sedimentares paleozoicas (Parnaíba, Jatobá e Jaibaras) e mesozoicas (Araripe, Apodi, Iguatu e Rio do Peixe).

Os arenitos são as rochas mais abundantes e possuem relevância morfológica no contexto regional, sustentando planaltos de grande dimensão, como nos casos do *glint* da Ibiapaba (Grupo Serra Grande) e da Chapada do Araripe (Formação Exu). Nesses casos, os arenitos preservam cornijas em relevos escarpados bordejados por superfícies erosivas rebaixadas circunvizinhas (Figura 16).

Figura 16 - Vista parcial do front do *glint* da Ibiapaba, onde as setas em vermelho indicam a cornija arenítica e o pedimento dissecado. Notar a morfologia tabuliforme do topo.



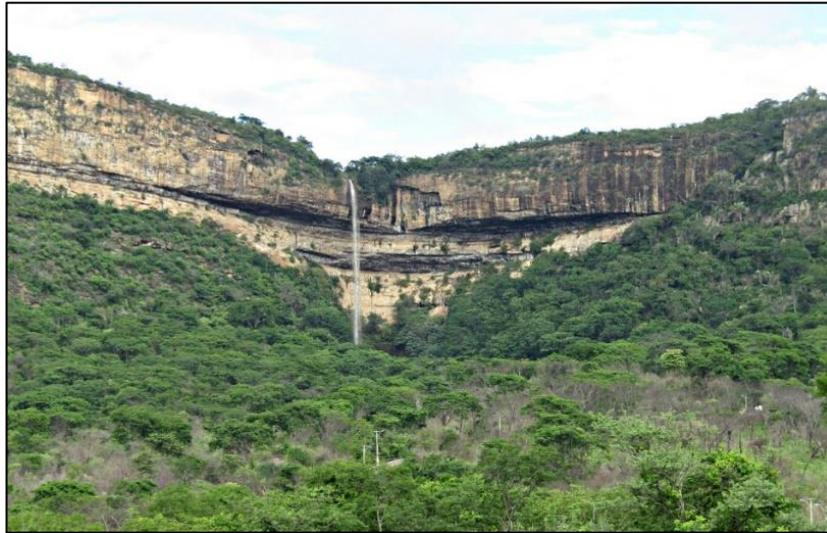
Fonte: Frederico de Holanda Bastos (2020).

No *glint* da Ibiapaba, o Grupo Serra Grande, sobreposto, discordantemente sobre o embasamento cristalino, sustenta um longo escarpamento situado em praticamente todo o setor oeste do Ceará. Nesse contexto merecem destaque as Formações Ipu e Tianguá, com arenitos e conglomerados responsáveis pela manutenção da escarpa.

No contexto da bacia do Parnaíba as formações sedimentares sobrepostas justificam comportamentos morfológicos diferenciados com destaque para o Grupo Serra Grande e a Formação Cabeças. Da base para o topo, o Grupo Serra Grande é composto pelas Formações Ipu, Tianguá e Jaicós, com uma nítida diminuição granulométrica nessa sequência citada. A Formação Ipu (conglomerado) sustenta escarpamentos no *glint* da Ibiapaba ao sul do Lineamento Transbrasiliiano (Figura 17), enquanto que a Formação Tianguá (Arenitos) sustenta os setores setentrionais desse relevo (Figura 16).

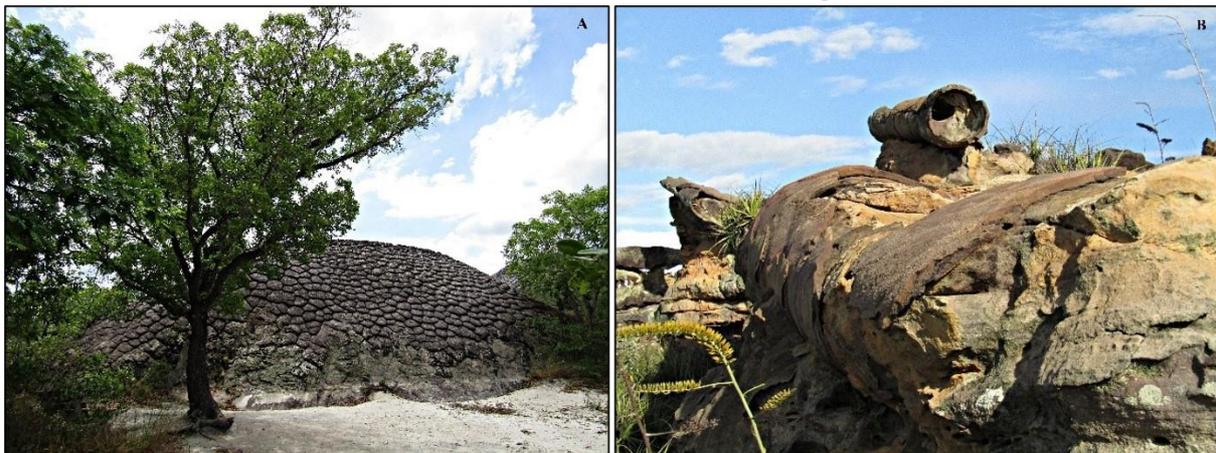
Litologicamente a Formação Cabeças é representada por arenitos finos, róseo-avermelhados, grãos subarredondados, silicificados, aflorando sob a forma de blocos isolados de aspecto ruiniforme (PESSOA, 2000), representando uma vasta gama de formas, cuja singularidade, demandou a criação de áreas protegidas como é o caso do Parque Nacional de Sete Cidade (PI). Essa litologia sustenta relevos residuais de morfologias ruiniformes variadas como pináculos e arcos, além de microformas singulares tais como as formas poligonais imbricadas de flanco e topo de superfícies convexas, resultantes da erosão superficial pelas águas pluviais, como no caso da Pedra da Tartaruga (PI) (Figura 18-A) ou dos “canhões” (Figura 18-B), que são estruturas cilíndricas (“folhas ferrificadas”) compostas por limonita, que consistem em dobras cilíndricas formadas por um processo apoiado na hidrodinâmica das águas subterrâneas, por interação de fluidos de composições diferentes.

Figura 17 – Bica do Ipu, com altura aproximada de 130m, localizada na borda oriental da Baía do Parnaíba. Notar a exposição da Formação Ipu (formação basal do Grupo Serra Grande).



Fonte: Abner Monteiro Nunes Cordeiro (2019).

Figura 18 – Macro e microformas esculpturadas na Formação Cabeças, Parque Nacional de Sete Cidades, Piracuruca, Piauí. Notar: (A) Pedra da Tartaruga e (B) Pedra dos Canhões.



Fonte: Abner Monteiro Nunes Cordeiro (2019).

Além de relevos elevados de grande dimensão regional, as rochas sedimentares também sustentam morfologias menores. No Cariri cearense ocorre um morro testemunho denominado de Serra do Mãozinha, além de cristas de arenito em Santana do Acaraú, porção norte do Estado do Ceará, relacionada a atividades tectônicas ao longo do Lineamento Transbrasiliano. Destacam-se também as superfícies de erosão formando as depressões periféricas do Cariri (Figura 19) e da Cuesta do Apodi.

Figura 19 – Vista parcial da depressão periférica da Bacia do Araripe, Ceará.



Fonte: Jean-Pierre Peulvast (2007).

Algumas superfícies de erosão estão associadas à litologias sedimentares, cujos níveis topográficos são similares aos das superfícies sertanejas cristalinas, sem a existência de rupturas topográficas entre os contatos litológicos. Exemplos dessas morfologias são encontradas nas bacias do Jaibaras e de Iguatu (CE) e a bacia do Rio do Peixe (PB) (SOUZA, 1988), além das depressões periféricas da Chapada do Araripe e da Cuesta do Apodi, já mencionadas. Na depressão monoclinal da bacia do Parnaíba constata-se uma superfície de erosão que pode ser justificada, dentre outras razões, pela presença de rochas sedimentares de fina granulometria, tais como argilitos e siltitos, que são rochas com tendência a serem mais frágeis.

Rochas sedimentares argilosas são altamente suscetíveis ao intemperismo e à erosão, sendo frequentemente divididas em argilitos, xistos e siltitos com base no tamanho do grão (GERRAD, 1988). Dessa forma, no contexto da área de estudo merece destaque o comportamento geomorfológico dos sedimentos da Formação Pimenteiras, que constituem nítidas superfícies erosivas rebaixadas situadas na depressão monoclinal diretamente sobrepostas aos arenitos do Grupo Serra Grande.

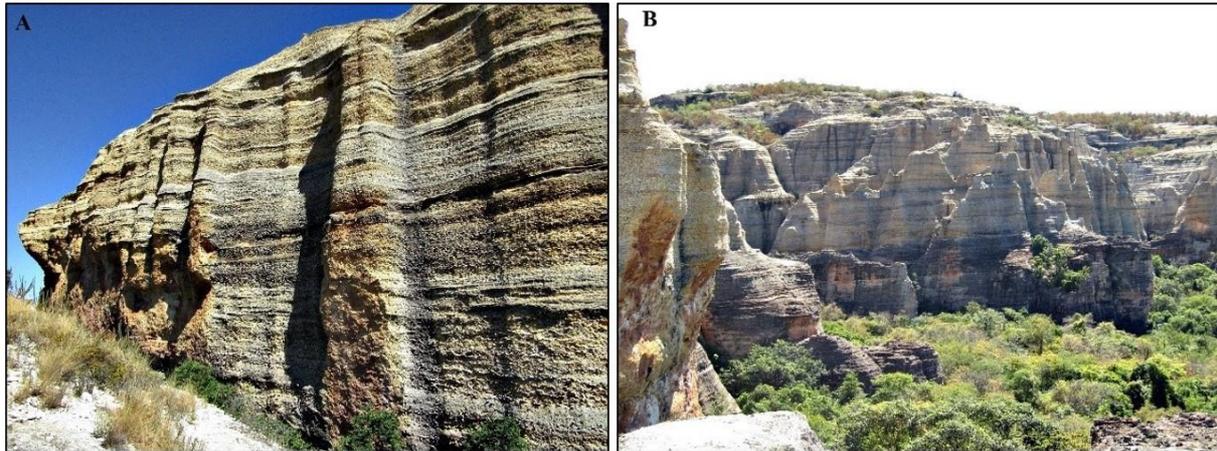
Cabe aqui destacar os tipos de contatos observados em relevos esculpidos em bacias sedimentares. Constatam-se estruturas concordantes horizontais formando a chapada do Araripe; estruturas concordantes inclinadas formando a cuesta do Apodi e estruturas discordantes no contato oblíquo (FOUCAULT; RAOULT, 2010) entre o arenito na Formação Serra Grande e o embasamento cristalino formando o *glint* da Ibiapaba. Os comportamentos estruturais das deposições mencionadas são fundamentais na interpretação de suas morfologias.

Uma importante propriedade do arenito é a porosidade, que influencia diretamente no escoamento superficial. Um bom exemplo disso pode ser observado no topo da chapada do Araripe que apresenta uma topografia tabular sustentada por um arenito poroso (Formação Exu) que praticamente inviabiliza a ocorrência de drenagem superficial nessa área.

Os conglomerados são rochas clásticas de dimensões variadas que podem justificar morfologias complexas. A matriz sedimentológica, assim como as propriedades do cimento dos conglomerados (silicoso, carbonático, etc.) constituem elementos importantes em termos de resposta geomorfológica (MIGÓN, 2020).

Na Província Parnaíba merecem destaque as formas escarpadas sustentadas por conglomerados na Serra da Capivara (São Raimundo Nonato, Piauí), cuja morfologia geral apresenta platô dissecado e limitado por um escarpamento marginal no limite da bacia sedimentar do Parnaíba, sustentado pelos arenitos do Grupo Serra Grande, que se encontra sotoposto ao conglomerado (cabe destacar que, apesar de citado, esse exemplo, não se encontra no recorte espacial em análise no presente artigo) (Figura 20).

Figura 20 – Serra da Capivara, Piauí. Notar em (A) escarpamento em rochas conglomeráticas e (B) relevo ruiforme.

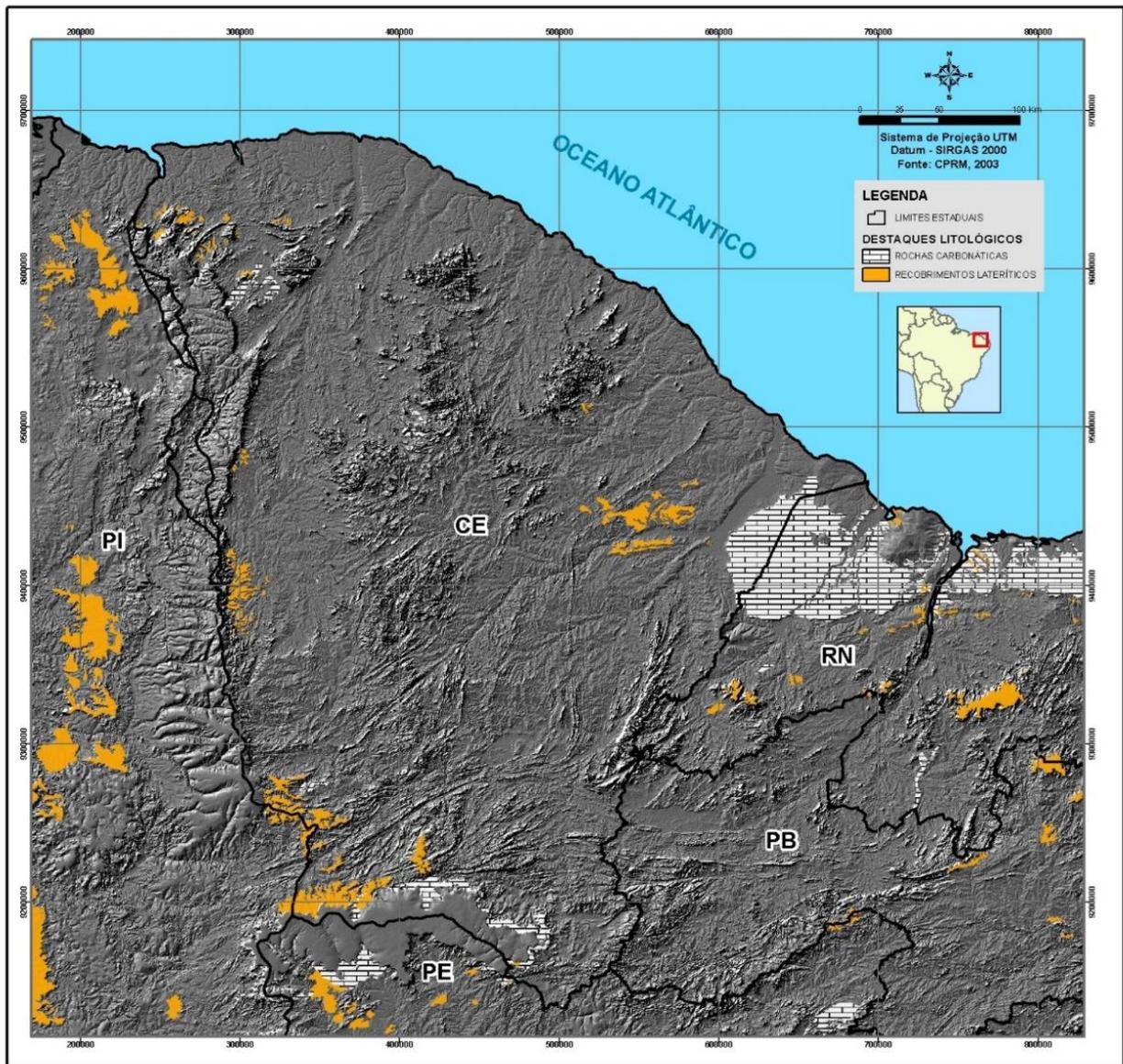


Fonte: Frederico de Holanda Bastos (2018).

As rochas carbonáticas são muito relevantes para a geomorfologia por conta de sua elevada solubilidade (PENTEADO, 1983), podendo viabilizar o desenvolvimento de morfologias cársticas. As formas cársticas são todas aquelas elaboradas pelos processos de dissolução, corrosão e abatimento que ocorrem em rochas solúveis (KLIMCHOUCK, 2009), se destacando por seu modelado ruiforme (KOHLENER, 1995).

Com relação às rochas carbonáticas, merece destaque o reverso da cuesta do Apodi sustentado pelos calcários da Formação Jandaíra, assim como os afloramentos da Formação Santana nas encostas da Chapada do Araripe. Além dos calcários situados em bacias sedimentares, merecem destaque algumas ocorrências de metacalcários, já citados anteriormente. A distribuição espacial das principais unidades litológicas carbonáticas encontra-se representada na Figura 21.

Figura 21 – Distribuição espacial de rochas carbonáticas e recobrimentos lateríticos no Nordeste setentrional.



Fonte: Elaborada pelos autores, com base nas Folhas Geológicas SA.24 Fortaleza e SB.24 Jaguaribe.

A solubilidade é a principal propriedade das rochas carbonáticas, justificando o desenvolvimento de relevos cársticos com dimensões variadas. Os calcários da Formação Jandaíra se apresentam fortemente deformados por força tectônica, o que contribuiu sobremaneira para o desenvolvimento de feições exocársticas e endocársticas (MAIA et al., 2012; CARNEIRO et al., 2015; GOMES et al., 2019; RABELO et al., 2020) (Figura 21). Essa formação é responsável por destacar o Rio Grande do Norte como o sétimo estado brasileiro em número de cavernas catalogadas (BRASIL, 2011).

Figura 22 – Lajedo de Soledade, município de Apodi-RN, constituído por Carbonatos da Formação Jandaíra, compondo formas de dissolução desenvolvidas ao longo de um nítido controle estrutural.



Fonte: Frederico de Holanda Bastos (2009).

No caso da Formação Santana (Bacia do Araripe), as características dos calcários laminados (Membro Crato), das concreções carbonáticas (Membro Romualdo) e da gipsita (Membro Ipubi), que constituem um dos mais importantes acervos fossilíferos do Brasil, limitaram o desenvolvimento de carstes, constatando-se apenas fissuras alargadas pela dissolução. Essa limitação se deve à em função da baixa permeabilidade dos estratos dessa formação em decorrência de presença de argilas e margas.

DEPÓSITOS SEDIMENTARES

Os depósitos sedimentares se referem às áreas de deposição cenozoica encontradas nos setores litorâneos e pré-litorâneos da área de estudo, além dos depósitos aluviais e coluviais, que serão abordados de forma generalizada.

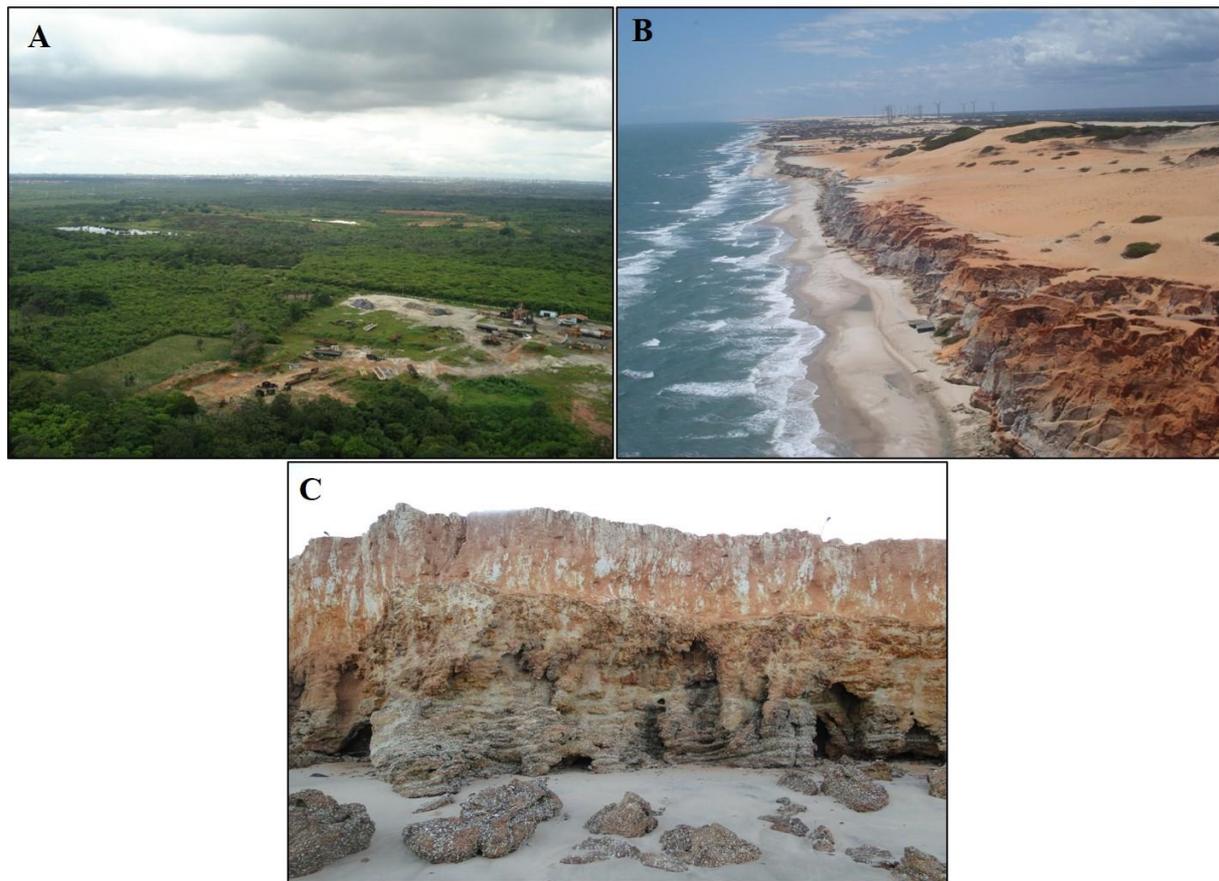
Em termos espaciais os sedimentos do Grupo Barreiras constituem a maior unidade geológica cenozoica da área de estudo e corresponde a depósitos sedimentares siliclásticos situados no setor pré-litorâneo, cuja origem pode estar relacionada a soerguimentos epirogenéticos (BEZERRA et al., 2001; SAADI et al., 2005; NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011) e eventos transgressivos (ARAI, 2006; ROSSETTI; BEZERRA; DOMINGUEZ, 2013). As grandes inconformidades erosivas e variações sedimentológicas do Barreiras inviabilizam a sua classificação como Formação (BIGARELLA et al., 2007; BIGARELLA; ANDRADE, 1964). O Grupo Barreiras é composto por uma sequência de sedimentos detríticos mal selecionados, de cores variadas e material pouco ou não consolidado (VILAS BOAS; SAMPAIO; PEREIRA, 2001), podendo apresentar grãos de tamanhos variados, inclusive com a possibilidade de conglomerados.

Em termos geomorfológicos os sedimentos do Grupo Barreiras estão associados preferencialmente com as superfícies tabulares regionalmente conhecida como tabuleiros costeiros ou pré-litorâneos (Figura 23-A). Os aspectos texturais dos sedimentos do Barreiras apresentam reflexos sobre a topografia dos tabuleiros, tendo em vista que nas fácies arenosas, constata-se morfologias tabulares com incisão fluvial quase imperceptível, enquanto que as

fácies argilosas condicionam uma maior dissecação topográfica tendo em vista a redução da porosidade.

Em alguns setores litorâneos os sedimentos do Barreiras são esculpidos pela abrasão marinha, formando falésias vivas (Figura 23-B), cuja morfologia do escarpamento possui relação direta com a natureza do sedimento, com destaque para a granulometria e o grau de sedimentação. Sedimentos com cimentação ferruginosa, como no caso dos conglomerados da Formação Camocim (Figura 23-C), ou com algum desenvolvimento de laterização tendem a manter escarpamentos mais verticalizados, tendo em vista a maior resistência do material.

Figura 23 – Diferentes casos de reflexos geomorfológicos dos sedimentos do Grupo Barreiras, Ceará, Brasil.



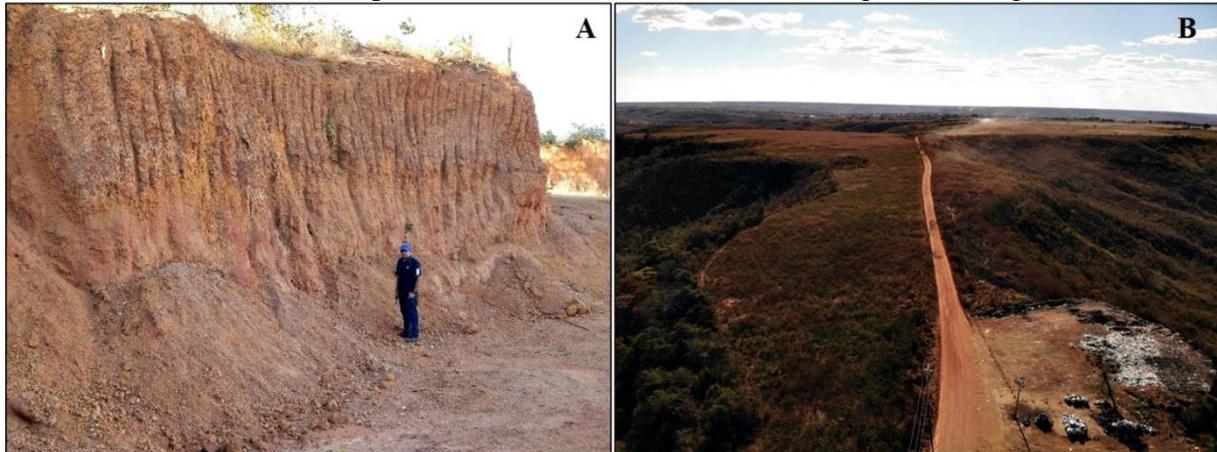
Fonte: Frederico de Holanda Bastos (2015).

A relação morfoestrutural das falésias do litoral setentrional do NE brasileiro ainda é pouco estudada em maior detalhe, porém, como tratam-se de escarpamentos esculpidos sobre estruturas sedimentares com maior ou menor grau de cimentação, pode-se inferir nítidas relações entre os ângulos e as alturas dos escarpamentos com a presença de sedimentos com maior nível de litificação, como nos casos de lateritas ou até mesmo de arenitos e conglomerados.

Algumas couraças ferruginosas (*duricrusts*) dispersas ao longo da área de estudo (Figura 22) sustentam superfícies tabulares, cuja lateritização pode ter ocorrido sobre sedimentos autóctones, como no caso do Maciço do Quincuncá, Ceará (CORDEIRO; BASTOS; MAIA, 2017) (Figura 24) ou em depósitos alóctones (arenito fluvial laterizado), como nas serras de Martins, Portalegre e Santana (RN) (MAIA, BÉTARD, BEZERRA, 2016). Algumas dessas couraças ferruginosas são classificadas nos mapeamentos oficiais da

CPRM como formações pertencentes ao Grupo Barreiras, como no caso da Formação Serra do Martins e outras são identificadas apenas como recobrimentos sedimentares neogênicos.

Figura 24 – (A) Perfil laterítico com aproximadamente 5 (cinco) metros de espessura, localizado no município de Altaneira, Ceará, e seu reflexo geomorfológico (B).



Fonte: Abner Monteiro Nunes Cordeiro (2015) e Maria Daniely Freire (2019).

O endurecimento de sedimentos por laterização também possui reflexos geomorfológicos nos depósitos do Barreiras pré-litorâneo, justificando a ocorrência de processos de inversão de relevo em setores específicos, como no caso das proximidades do município de Granja (CE).

As áreas de deposição quaternárias são representadas por sedimentos inconsolidados localizados em terraços e planícies fluviais, planícies lacustres, fluviolacustres e fluviomarinhas e litorânea. A configuração e localização de tais sedimentos podem influenciar na formação de determinadas feições de origem eólica como, por exemplo, campos de dunas e superfícies de deflação. Alguns setores litorâneos apresentam arenitos quaternários com cimentação carbonática. Nesses casos podem ser constatadas feições resultantes da abrasão eólica (eolianitos) (Figura 25) ou marinha (*beachrocks*).

Figura 25 – Campo de eolianitos no município de Trairi, Ceará.



Fonte: Abner Monteiro Nunes Cordeiro (2020)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da explanação apresentada, pode-se afirmar que a explicação das formas de relevo somente a partir das propriedades geomorfológicas das rochas não satisfaz (PENTEADO, 1983). É fundamental que sejam analisadas as influências múltiplas das variações climáticas do Quaternário (THORNBURY, 1966), além dos reflexos morfológicos da dinâmica atual (sistemas de erosão), independente do agente modelador (fluvial, gravitacional, eólico, pluvial, térmico ou glacial).

Além desses aspectos, também é fundamental que sejam interpretados os reflexos estruturais associados a deformações pretéritas ou a eventos neotectônicos. A área de estudo possui diversas deformações estruturais herdadas do Brasileiro (Neoproterozoico), tais como cisalhamentos, lineamentos e falhamentos que tendem a condicionar direcionamento de processos erosivos e, conseqüentemente, do relevo (MAIA; CASTRO, 2017). Destaca-se também que as deformações estruturais pretéritas possuem estreita relação com a distribuição espacial de plútons ao longo do setor analisado, pois estas áreas constituem setores de maior facilidade de ascensão do magma para as camadas mais superficiais da crosta (MAIA; BEZERRA, 2014).

Por fim, espera-se que essa abordagem regional possa contribuir como ponto de partida para posteriores estudos de geomorfologia estrutural, em recortes espaciais mais detalhados, nesse setor do Nordeste brasileiro.

REFERÊNCIAS

ABREU, F. A. M.; GAMA JUNIOR, T.; GORAYEB, P. S. S.; HASUI, Y. O Cinturão de cisalhamento Noroeste do Ceará. In: Congresso Latino-Americano de Geologia, 7. Belém, PA. **Anais...** Belém, Sociedade Brasileira de Geologia, 1988. p. 20-34.

ALMEIDA, F. F. M.; BRITO NEVES, B. B.; HASUI, Y. FUCHS, R. A. Províncias estruturais brasileiras. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 8., 1977, Campina Grande, PB. **Atas...** Campina Grande, p.363-391, 1977.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. e FUCHS, R. A. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth-Science Reviews**, v. 17, n. 1-2, p. 1-29, 1981.

ALVAREZ, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Vol. 22, No. 6, p 711–728, 2014. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507

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. (org.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: textos, mapas & SIG**. Brasília: CPRM/SGB, 2003. p. 264-281.

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.

ARAI, M. A. Grande elevação eustática do mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Geologia USP**. Série Científica, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2006.

ARTHAUD, M. H.; CABY, R.; FUCK, R. A.; DANTAS, E. L.; PARENTE, C. V. **Geology of the Northern Borborema Province, NE Brazil and its correlation with Nigeria, NW Africa**. In: PANKHURST, R. J.; TROUW, R. A. J.; BRITO NEVES, B. B.; WIT, M. J. (Eds.). West Gondwana Pre-Cenozoic correlations across the South Atlantic region. Geological society, v. 294, p. 49-67, 2008.

BARROS, J. S.; FERREIRA, R. V.; PEDREIRA, A. J.; SCHOBENHAUS, C. **Geoparque Sete Cidades – Pedro II – PI**, Brasília: Serviço Geológico do Brasil, 2014. 56p.

BEHLING, H.; ARZ, H. W.; PÄTZOLD, J.; WEFER, G. Late Quaternary vegetational and climate dynamics in northeastern Brazil, inferences from marine core GeoB 3104-1. **Quaternary Science Reviews**, v. 19, n. 10, p. 981-994, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(99\)00046-3](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(99)00046-3)

BEZERRA, F. H. R.; AMARO, V. E.; VITA-FINZI, C.; SAADI, A. Pliocene-quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 14, n. 01, p. 61-75, 2001. DOI : [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(01\)00009-8](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(01)00009-8)

BEZERRA, F. H. R.; NASCIMENTO, A. F.; FERREIRA, J. M.; NOGUEIRA, F. C.; FUCK, R. A.; BRITO NEVES, B. B. de; SOUSA, M. O. L. Review of active faults in the Borborema Province, Intraplate South America-integration of seismological and paleoseismological data. **Tectonophysics**, n. 510, p. 269-290, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2011.08.005>

BIGARELLA, J. J.; ANDRADE, G. O. Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozoicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). **Arquivos UR**. ICT, n. 2, p. 1-14, 1964.

BIGARELLA J. J. et al. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. v. 03. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2007. 1436p.

BRANNER, J. C. Caneluras e caldeirões nos granitos nos trópicos. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 171, p. 621-634, 1962.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil. **Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará**. Mapa na escala 1:500.000. Fortaleza: MME/SGB, 2003.

BRASIL. Projeto Karst Jandaíra – **Relatório Técnico Final**. Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio) e Centro Nacional de Pesquisas e Conservação de Cavernas (CECAV). Natal, 2011.

BRITO NEVES, B. B. **Regionalização geotectônica do Pré-cambriano nordestino**. 207f. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A.; CORDANI, U. G. e THOMAZ-FILHO, A. Influence of basement structures on the evolution of the major sedimentar basins of Brazil: a case of tectonic heritage. *Journal of Geodynamics*, v. 1, p. 495-510, 1984.

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. (Eds.). Tectonic evolution of South America. 31. **International Geological Congress**. Rio de Janeiro, p. 151-182, 2000.

BÜDEL, J. K. **Climatic geomorphology**. Princeton: Princenton University Press. 1982. 443p.

CAMACA, M. S. J. B. **Assinatura Estrutural e Geofísica da Porção Norte (Fronteira Ceará-Piauí) do Lineamento Transbrasiliiano: Reativação na Bacia do Parnaíba**. Dissertação (Dissertação em Geodinâmica e Geofísica). Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2015. 92 p.

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

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <<https://geomorfologia.wordpress.com/2011/03/17/livro-do-valter-casseti-pdf/>>. Acesso: 15 de dezembro de 2020.

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 is links with West Africa based on gravity AM magnetic data. **Journal of Geodynamics**, n. 54, p. 29-42, 2012.

CAVALCANTE, D. R. Considerações Geomorfológicas sobre o Carste do Município de Tejuçuoca, Ceará, Brasil. **Trabalho de Conclusão de Curso** de Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará (UECE). Licenciatura em Geografia. Fortaleza, 2016.

CLAUDINO SALES, V. **Megageomorfologia do Estado do Ceará**: história da paisagem geomorfológica. São Paulo: Editora Novas Edições Acadêmicas, 2016. 59p.

CLAUDINO SALES, V.; LIRA, M. V. Megageomorfologia do noroeste do Estado do Ceará, Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 12, n. 38, p. 200-209. 2011.

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.

CORDEIRO, A. M. N. **Morfoestrutura e morfopedologia da Serra do Quincuncá e entorno, Ceará, Brasil**. 252f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2017.

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: <http://dx.doi.org/10.5935/0100-929X.20100003>

COSTA, A. T.; CLAUDINO-SALES, V. “Os vulcões cearenses”: gênese e evolução dos relevos vulcânicos da Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará. **Revista de Geografia**, v. 37, n. 1, p. 01-36, 2020. DOI: <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2020.239442>

CREMONINI, O. A. Evolução tectônica da área de Ubarana, porção submersa da Bacia Potiguar. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 10, n. ¼, p. 81-97, 1997.

FERRAZ, N. C.; CÓRDOBA, V. C.; SOUSA, D. C. Análise estratigráfica da sequência Mesodevoniana-Eocarbonífera da bacia do Parnaíba, Nordeste do Brasil. **Geociências**, UNESP, v. 36, n. 1, p. 154-172, 2017.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 318p.

FOUCAULT, A., RAOULT, J-F. Dictionnaire de Géologie. 7^a edition. Dunod. Paris, 2010.

GERRARD, A. J. **Rocks and Landforms**. Unwin Hyman, London. 1988. 319p.

GÓES, A. M. O.; FEIJÓ, F. J. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 4, p. 57-67, 1994.

GOMES, I. P., VERÍSSIMO, C. U. V., BEZERRA, F. H. R., SANTOS, J. L., CÂMARA, J. R. F. Fraturas, carste e cavernas nos calcários Jandaíra em Felipe Guerra, Rio Grande do Norte. **Revista do Instituto de Geociências**, USP, v. 19, n. 1, p. 4-67, 2019. DOI: 10.11606/issn.2316-9095.v19-149311

GOUDIE, A. Quantification of rock control in geomorphology. *Earth-Science Reviews*, 159, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.06.012>

GURGEL, S. P. P. **Evolução morfotectônica do maciço estrutural do Pereiro, Província Borborema**. 189f. Tese (Doutorado em Geodinâmica) - Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

HASUI, Y. Compartimentação geológica do Brasil. HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M.; BARTORELLI, A. (Orgs.). **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. p. 112-122.

JARDIM DE SÁ, E. F. **A faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileira/Pan-Africana**. 804f. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1994.

JOSÉ PESSOA, V. J. (Org.). **Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil**. São Luís NE/SE, Folhas SA.23-X e SA.23-Z. Estados do Maranhão e Piauí. Escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 2000. 63p.

KLIMCHOUCK, A. **Morphogenesis of hypogenic caves**, *Geomorphology*, v. 106, n.1-2, p. 100-117, 2009.

KOHLER, H. C. Geomorfologia Cárstica. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 309- 334.

KRKLEC, K.; DOMINGUEZ-VILAR, D.; PERICA, D. Use of rock tablet method to measure rock weathering and landscape denudation. **Earth-Science Reviews**, 212, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103449>

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. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v20i2.1401>

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.

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.

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. DOI: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v16i2.651>

MAIA, R. P.; NASCIMENTO, M. A. L. Relevos graníticos do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 2, p. 373-389, 2018. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v19i2.1295>

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. 104p.

MESCERJAKOV, J. P. Les concepts de morphostructure et de morphosculpture, un nouvel instrument de l'analyse géomorphologique. **Annales de Géographie**, v. 77, n. 423, p. 539-552, 1968.

MESNER, J. C.; WOOLDRIDGE, L. C. Estratigrafia das bacias paleozóica e mesozóica do Maranhão. **Boletim Técnico da Petrobrás**, v. 2, p. 137-164, 1964.

MIGÓN, P. **Geomorphological landscapes of the world**: granite landscapes of the world. Oxford University Press Inc., New York. 2006a. 417p.

MIGÓN, P. Inselberg. In: GOUDIE, A. S. **Encyclopedia of geomorphology**. Londres: Taylor & Francis e-Library, 2006b, p. 564-566.

MIGÓN, P. Geomorphology of conglomerate terrains – Global overview. **Earth-Science Reviews**, v. 208. 22p. 2020.

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, 20p, 2020. DOI: 10.1007/s12371-020-00473-4

MILANI, E. J. e ZALÁN, P. V. An Outline of the geology and petroleum systems of the Paleozoic interior basins of South America. **Episodes**, v. 22, n. 3, p. 199- 205, 1999. DOI: 10.18814/epiiugs/1999/v22i3/007

MIZUSAKI, A. M. P., THOMAZ FILHO, A. O magmatismo pós-paleozóico no Brasil. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO NEVES, B. B. (Eds.). **Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. p. 471-486.

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.

MOURA, P. E. F. Evolução geomorfológica do relevo cárstico do município de Martins-Rio Grande do Norte. 163f. **Dissertação** (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

NUNES, F. C.; SILVA, E. F.; VILAS BOAS, G. S. Grupo Barreiras: Características, Gênese e Evidências de Neotectonismo. 2. Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.

PECH, P. **Géomorphologie structurale**. Synthèse. Paris : Ed. Armand Colin, 2005. 95p.

PENCK, W. **Die morphologische Analyse**. Ein Kapietel der Physikalischen Geologie. Engelhorn's Nachf., Stuttgart, 1924. 283p. Tradução da obra em língua inglesa por Czech, Hella; Boswell, Kátharine Cumming. **Morphological analysis of landforms**. MacMillan and Co., London, 1953. 429p.

PENHA, H. M. Processos endógenos na formação do relevo. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 51-92.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de geomorfologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1983. 186p.

PEREIRA, E.; CARNEIRO, C. D. R.; BERGAMASCHI, S. e ALMEIDA, F. F. M. Evolução das sinéclises paleozóicas: Províncias Solimões, Amazonas, Parnaíba e Paraná. In: HASUI, Y. *et al.* (Org). **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012.

PETRI, S. FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 1983.

PEULVAST, J-P.; VANNEY, J-R. **Géomorphologie structural: terre, corps planetaires solides**. Tome 2: Relief et géodynamiques. Paris, Gordon and Breach Science Publishers, et Orléans, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 524p. 2002.

PEULVAST, J-P.; CLAUDINO SALES, V. **Carta morfoestrutural do Ceará e áreas adjacentes do Rio Grande do Norte e da Paraíba**. Nota explicativa. In: CPRM: Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará. Mapas na escala 1:500.000. Serviço geológico do Brasil, CD Rom. 2003.

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: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.02.006>

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.

RABELO, J.; MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R.; SILVA, C. C. N. Karstification and fluidflow in carbonate units controlled by propagation and linkage of mesoscale fractures, Jandaíra Formation, Brazil. **Geomorphology**, v. 357, p. 1-17, 2020. DOI: [10.1016/j.geomorph.2020.107090](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107090)

RODRIGUES, W. S.; MAIA, R. P. Condicionamento morfoestrutural dos relevos no entorno do distrito de Taperuaba, sertão central do Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 1, p.35-52, 2019.

RODRIGUES, W. S.; MAIA, R. P.; GOMES, D. D. M. Condicionamento morfoestrutural do inselberg pedra da Andorinha, sertão norte do Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 4, p. 861-876, 2019.

ROSSETTI, D. F.; BEZERRA, F. H. R.; DOMINGUEZ, J. M. L. Late Oligocene–Miocene transgressions along the equatorial and eastern margins of Brazil. *Earth-Science Reviews*, nº 123, p 87–112, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.04.005>

SAADI, A. Modelos morfogenéticos e tectônica global: reflexões conciliatórias. **Gemonos**, n. 6, v. 2, p. 55-63, 1998.

SAADI, A.; BEZERRA, F. H. R.; COSTA, R. D.; IGREJA, H. L. S.; FRANZINELLI, E. Neotectônica da plataforma brasileira. p. 211-234. In: Souza, C R de G (Ed.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005.

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. (Orgs.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**: textos, mapas e SIG. Brasília: CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2003. p. 05-54.

SANTOS, E. J.; BRITO NEVES, B. B. Província Borborema. In: ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y. (Eds.). **O Pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo: Editora Blucher, 1984. p. 123-186.

SILVA, A. J. P.; LOPES, R. C.; VASCONCELOS, A. M.; BAHIA, R. B. C. Bacias Sedimentares Paleozóicas e Meso-Cenozóicas Interiores. In: BIZZI, L. A.;

SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. Brasília: CPRM, 2003.

SOUZA, M. J. N. Contribuição ao estudo das unidades morfoestruturais do Estado do Ceará. **Revista de Geologia**, v. 1, p. 73-91, 1988.

THORNBURY, W. D. **Princípios de Geomorfologia**. Buenos Aires: Editorial Kapelusz, 1966. p. 17-35.

TORQUATO, J. R.; NOGUEIRA NETO, J. A. Historiografia da região de dobramentos do Médio Coreaú. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 26, n. 4, p. 303-314, 1996.

TRICART, J.; CAILLEUX, A. **Introduction to climatic geomorphology**. Londres: Logman group limited, 1972. 295p.

TRICART, Jean. **Structural geomorphology**. London: New York Longman, 1974. 305p.

TWIDALE, C. R. Granitic inselbergs: domed, block-strewn and castellated. **The Geographical Journal**, vol. 147, n. 1, p. 54-71, mar., 1981. DOI: <https://doi.org/10.2307/633409>

VAN SCHMUS, W. R.; BRITO NEVES, B. B. de; HACKSPACHER, P. C.; FETTER, A. H.; KOZUCH, M.; DANTAS, E. L.; BABINSKI, M. The Borborema Província: a collage of polycyclic crustal domains in NE Brazil. In: XIV International Conference on Precambrian and Craton Tectonics, Extended Abstracts. Ouro Preto, **Anais....** Ouro Preto, Minas Gerais, 1998. p. 80-83.

VAZ, P. T.; REZENDE, N. G. A. M.; WANDERLEY FILHO, J. R.; TRAVASSOS, W. A. S. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 15, n. 2, p. 253-263, 2007.

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.

VILAS BOAS, G. S.; SAMPAIO, F. J.; PEREIRA, A. M. S. The Barreiras Group in the northeastern coast of the State of Bahia, Brasil: depositional mechanisms and processes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 73, n. 3, p. 417-427, 2001.

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, dez. 2004. DOI: 10.1038/nature03067