



## GEOMORFOLOGIA E CONTEXTO LITOLÓGICO DAS SERRAS DE MARANGUAPE E ARATANHA

Geomorphology and litological context of Maranguape and Aratanha's massives

Geomorfología y contexto litológico de las sierras de Maranguape y Aratanha

Yuri da Silva Belarmino<sup>1</sup>

Frederico de Holanda Bastos<sup>2</sup>

Adisson Souza Tavares<sup>3</sup>

### RESUMO

As Serras de Maranguape e Aratanha são relevos residuais pré-litorâneos apresentando morfologia bastante dissecada, com litologias pertencentes ao Domínio Ceará Central, nos granitoides isotrópicos que formam intrusões no Grupo Ceará. Esta pesquisa tem como objetivo realizar uma caracterização do quadro geomorfológico da área de estudo como também do seu contexto litológico. Os caminhos metodológicos foram: levantamento bibliográfico e cartográfico, técnicas de geoprocessamento para interpretação de mapas, pesquisa de campo para validação dos resultados e finalizando com a integralização dos dados obtidos. Os relevos das duas serras passaram por erosão diferencial, somando-se a isostasia, mudança do nível de base e contribuições do recuo lateral de suas vertentes. Mantos de intemperismo formam-se em declividades menores que 30° e onde a rugosidade apresenta-se suavizada, setores como a vertente SSE da serra de Maranguape apresentam forte rugosidade e por assim maior dissecação e valores de declividade maiores, já no setor E da serra da Aratanha a rugosidade é maior e a declividade atinge valores entre 25 a 45°. Outras variáveis como curvatura da vertente e concentração de drenagem estabelecem melhores correlações a geomorfologia desses dois relevos residuais, assim como dados sobre datação e química de minerais das rochas encontradas.

**Palavras-chave:** Erosão diferencial; Comportamento litológico; Geomorfologia.

### ABSTRACT

The Maranguape and Aratanha's massifs are pre-coastal residual reliefs with very dissected morphology, with lithologies belonging to the Central Ceará Domain, in the isotropic granitoids that form intrusions in the Ceará Group. This research aims to characterize the geomorphological framework of the study area as well as its lithological context. The methodological paths were: bibliographical and cartographic survey, geoprocessing techniques for map interpretation, field research to validate the results and finalizing with the payment of the obtained data. The reliefs of the

<sup>1</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará (PropGeo - UECE), e-mail: yuri.belarmino@aluno.uece.br

<sup>2</sup> Profº Drº Adjunto do Curso de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará (PropGeo – UECE), e-mail: fred.holanda@uece.br

<sup>3</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará (PropGeo - UECE), e-mail: adisson.souza@aluno.uece.br

two mountain ranges underwent differential erosion, adding to isostasy, changing the base level and contributions of the lateral retreat of its slopes. Mains of weathering are formed in slopes less than 30° and where the roughness is smoothed, sectors such as the SSE slope of the Maranguape mountain range have a strong roughness and thus greater dissection and higher values of slope, already in sector E of the Serra da Aratanha the roughness is greater and the slope reaches values between 25 to 45°. Other variables such as slope curvature and drainage concentration establish better correlations to the geomorphology of these two residual reliefs, as well as data on dating and mineral chemistry of the rocks found.

**Keywords:** Differential erosion; Lithological behavior; Geomorphology.

## RESUMEN

Las montañas Maranguape y Aratanha son relieves residuales precosteros con una morfología muy disecada, con litologías pertenecientes al dominio central de Ceará, en los granitoides isotrópicos que forman intrusiones en el grupo de Ceará. Esta investigación tiene como objetivo caracterizar el marco geomorfológico del área de estudio, así como su contexto litológico. Las rutas metodológicas fueron: levantamiento bibliográfico y cartográfico, técnicas de geoprocésamiento para la interpretación de mapas, investigación de campo para validar los resultados y finalizar con la integración de los datos obtenidos. Los relieves de las dos sierras sufrieron erosión diferencial, lo que se sumó a la isostasis, el cambio del nivel de base y las contribuciones de la retirada lateral de sus pendientes. Las capas de meteorización se forman en pendientes inferiores a 30° y donde la rugosidad se alisa, sectores como la pendiente SSE de la cordillera de Maranguape presentan una fuerte rugosidad y, por lo tanto, una mayor disección y valores de pendiente más altos, ya en el sector E de la Serra da Maranguape. La rugosidad es mayor y la pendiente alcanza valores entre 25 y 45°. Otras variables como la curvatura de la pendiente y la concentración de drenaje correlacionan mejor la geomorfología de estos dos relieves residuales, así como los datos sobre la datación y la química de los minerales encontrados.

**Palabras Clave:** Erosión diferencial; Comportamiento litológico; Geomorfología.

## INTRODUÇÃO

O comportamento do relevo corresponde ao contexto litológico ao qual está inserido, que reproduz as intervenções do intemperismo e que retrabalha as morfologias no decorrer dos sistemas de erosão, por meio da erosão linear e areolar. No entanto, o contexto estrutural também exerce importância em diferentes escalas tais como na configuração de direções preferenciais da erosão, dos regimes de tectonismo, do soerguimento e subsidência de blocos de uma vasta região.

Tomando como base o efeito produzido pela erosão diferencial entre determinadas litologias, conjugado à intercalação dos processos responsáveis por alterações geoquímica e dissecação do relevo, os relevos residuais são morfologias representativas da variação desigual de intemperismo sobre as rochas. Vetores como a mudança de nível de base regional acompanhada de regressão e transgressão marinhas intensificam a erosão diferencial (PENTEADO, 1983), prosseguindo normalmente com denudação de uma vasta área de relativa queda na tensão tectônica.

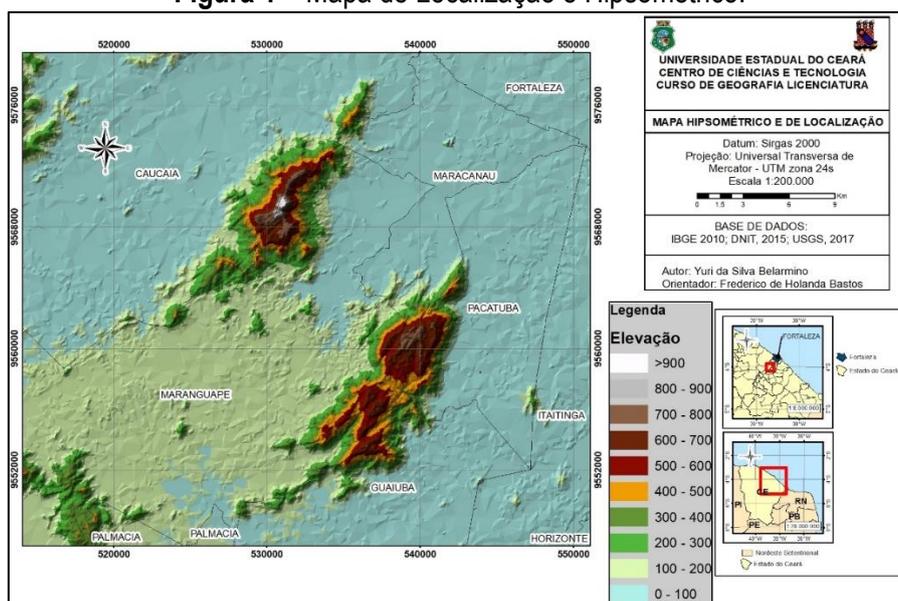
Para o Nordeste brasileiro, as áreas de exposição de intrusões graníticas formam a maioria dos relevos residuais. Os relevos residuais encontram-se dispersos em todos os setores cristalinos no semiárido nordestino, em particular exibindo uma vegetação diferenciada do complexo das caatingas e quando menores e isolados são chamados de *inselbergues*. Em outros casos os granitos podem estar

em concordância com cotas altimétricas das superfícies de aplainamento regionais, formando os sertões nordestinos.

Intrusões de magma granítico, com tendência a formação de rochas ígneas, é em geral a base das litologias dos maciços residuais em toda a Província Borborema. Tomando como viés os conjuntos de falhamentos da Província Borborema, esta é caracterizada por um sistema de zonas de cisalhamento ramificadas e anastomosadas com tendência a EW e NE determinando blocos tectônicos que diferem em litologia, grau metamórfico e estrutural (FERREIRA; SIAL; JARDIM DE SÁ, 1995; MABESSONE, 2002). De maneira geral, em toda a Província Borborema os granitoides são caracterizados pelo evento de metamorfismo e plutonismo dos mais variados contingentes gerados pela Orogênese Brasileira no Neoproterozoico, por volta de 600 MA (FERREIRA; SIAL; JARDIM DE SÁ, 1995). Existem também evidências, devido a configuração tectônica ramificada e anastomosada dos falhamentos, de extensa atividade ígnea intrusiva e extrusiva que ocorreu durante o mesozoico e o cenozoico em toda a Borborema (MIZUKI et al., 2002)

Nesse sentido, o Domínio Ceará Central que se insere na área de estudo, localizado entre as Zonas de Cisalhamento de Sobral-Pedro II e a Zona de Cisalhamento de Senador Pompeu, foi submetido a um metamorfismo de alto grau indicando alterações na maioria das rochas encaixantes presentes nesse domínio (ARTHAUD, 2007). Porém, o registro de duas intrusões próximas na região metropolitana de Fortaleza, no compartimento dos granitoides da Unidade Canindé apresentam composição muito semelhante de acordo com o mapa geológico do Ceará (BRASIL, 2003). Sua individualização é um problema para a literatura geomorfológica, aparecendo poucas as referências sobre o processo pelo qual ocorreu o isolamento das serras da Aratanha e Maranguape (**Figura 1**).

**Figura 1 – Mapa de Localização e Hipsométrico.**



Fonte: Belarmino (2018)

As duas serras são relevos residuais pré-litorâneos, com cerca de 15 km de distância da capital, apresentando morfologia bastante dissecada, com estabilidade realizada pela cobertura vegetal de porte arbóreo respondendo a alta precipitação que ocorre nesses dois relevos. Porém o processo formador dessa morfologia é considerado por pediplanação, que gerou a maior paisagem dos sertões nordestinos que é a depressão sertaneja, e por etchplanação que possibilitou a individualização dessa morfologia, partindo da formação do manto de intemperismo e sua progressiva retirada. Existe um corte abrupto da elevação contrapondo com a superfície de piso, estabelecendo declividades superiores a 25° no seu setor SE e NO na serra da Aratanha e no setor ESSE da serra de Maranguape.

A serra da Aratanha apresenta seu platô parcialmente erodido dificultando seu enquadramento como uma crista residual, alcançando cotas em torno de 750m de altitude. Porém a Serra de Maranguape tem é vista em seu conjunto como uma crista, de maneira longitudinal, bem representada no modelo de elevação do terreno, atingindo cotas altimétricas de cerca de 900 m, representado pela pedra da rajada.

O relevo da serra de Maranguape e Aratanha apresentam morfologias ligadas a variáveis de incisão linear e processos gerados por contribuição do contexto litológico no qual se insere. Partindo disso, o presente artigo tem como objetivo realizar uma caracterização do quadro geomorfológico geral da área de estudo como também do seu contexto geológico com base em dados secundários de lavras.

## MATERIAL E MÉTODO

Tendo em vista o objetivo deste trabalho foi imprescindível a realização de uma busca de conceitos que servissem de base e de aporte teórico fundamental, através de um levantamento bibliográfico em meios principais como as teses, as dissertações, as monografias e os artigos científicos de periódicos especializados. Nesse sentido, a bibliografia pesquisada teve como conceitos principais o contexto tectônico do Nordeste em sua porção setentrional (MABESSONE, 2002; PEULVAST; CALUDINO-SALES, 2007; OLIVEIRA, 2008; MAIA, 2014); metamorfismo do Domínio Ceará Central e das intrusões de *plútons* (SAADI; TORQUATO, 1992; FERREIRA; SIAL, 1998; JARDIM DE SÁ, 1995; MIZUSAKI et al., 2001; ARTHAUD, 2007);

Por meio da seleção de leituras e da organização de questões teóricas pré-determinadas, realizamos também um levantamento cartográfico para compor um banco de dados georreferenciados. Os acervos já produzidos que foram utilizados na investigação constituíram-se no mapa geológico do estado do Ceará (BRASIL, 2003), no mapa geológico da Região Metropolitana de Fortaleza

(BRANDÃO, 1995) e o mapa morfoestrutural do estado do Ceará (PEULVAST E CLAUDINO-SALES, 2003).

Para realização da confecção do TIN (*Triangular Irregular Network*) foram necessários a imagem de satélite da missão SRTM (*Topográfica Radar Shuttle*), com resolução espacial de 30 metros, 1 arco de segundo, e correção dos pixels, os quais apresentavam *No\_data*, através da calculadora de *raster* e da ferramenta “*Fill*”, presentes no programa de geoprocessamento *Arcgis 10.3*. Esta modelagem, considerando as arestas dos triângulos, permite que as informações morfológicas importantes, como as descontinuidades representadas por feições lineares de relevo (cristas) e drenagem (vales), sejam consideradas durante a geração da grade triangular (FELGUEIRAS; CÂMARA, 2001).

O mapa de declividades foi elaborado em ambiente digital através da ferramenta “*Slope*” em sequencias graduada ( $^{\circ}$ ), através da relação de um valor de verticalidade e horizontalidade de pontos dentro da grade do *raster*. O mapa de índice de rugosidade (ICR) é calculado através da alteração da elevação, através da análise do modelo de terreno, complemento do *QGis 2.18* que contribuiu para confecção desde *raster* classificado em valores que estão entre 0 e 340m e retrabalhado no ambiente do *Arcgis 10.3*. O índice de Concentração de Rugosidade consiste em uma ferramenta metodológica que pode ser utilizada como auxiliar, alternativa e complementar ao mapeamento geomorfológico, possibilitando a compartimentação do relevo em unidades com distintos padrões de dissecação (SAMPAIO, AUGUSTIN, 2014)

Como recomendado e para averiguação dos dados obtidos em gabinete, foi realizado um campo exploratório de maneira a correlacionar os produtos de intemperismo nas vertentes e as morfologias, na escala analisada, sobre as duas serras. Desse modo esse percurso possibilitou a redação do texto final de forma a seguir um cronograma de etapas anteriormente descritas na metodologia de trabalho.

O método utilizado neste estudo consistiu no método hipotético-dedutivo, usado para tentar sanar as lacunas nas teorias lançadas a ciência, propondo formas de refutar hipóteses passíveis de testes quantitativos e/ou qualitativos. O método hipotético-dedutivo foi idealizado por Karl Popper (1972), como uma forma de oposição a indução que era utilizado em sua maioria nas pesquisas científicas da sua época. Segundo Marconi e Lakatos (2010) o método de Popper pode ser chamado também de “método de tentativas e eliminação de erros”. Essas tentativas de eliminação de erros, ou eliminação de hipóteses irrelevantes, são etapas de um teste no qual é utilizada a técnica de falseamento, tanto por experimentação ou análise estatística de dados com formulação de enunciados particulares de acordo com o seu intuito.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o Domínio Ceará Central, dentro da Província Borborema, um intenso metamorfismo deformando antigas estruturas, contribuiu para fusão de corpos metamórficos na gênese de várias intrusões graníticas a tonalitos, de modo generalizado no Neoproterozóico em todo o Nordeste Setentrional (BRANDÃO, 1195). Tal episódio desempenhou, do ponto de vista litológico, um campo propício para encontro de resistências e denudação/exumação. Em subsuperfície estas massas cristalinas de maior resistência influenciaram as taxas de intemperismo, que servem de auxílio no direcionamento preferencial da decomposição para posterior denudação aparecendo as litologias em superfície.

Essa evolução implica na exumação do Grupo Ceará a partir de uma profundidade da ordem de 55 a 60 M que só pode ter sido alcançada pelo envolvimento dessa unidade numa zona de subducção, o que, por sua vez, implica na abertura de um domínio oceânico consecutivo ao rifteamento de 800 Ma e o consumo desse oceano, numa zona de sutura, durante a orogênese brasileira (ARTHAUD, 2007). Além disso, dados sobre o Complexo Nordestino (porção Central da Província Borborema) apontam para uma anatexia, que é a fusão de rochas preexistentes na formação de magma em alta temperatura e pressão (BRANDÃO, 1995)

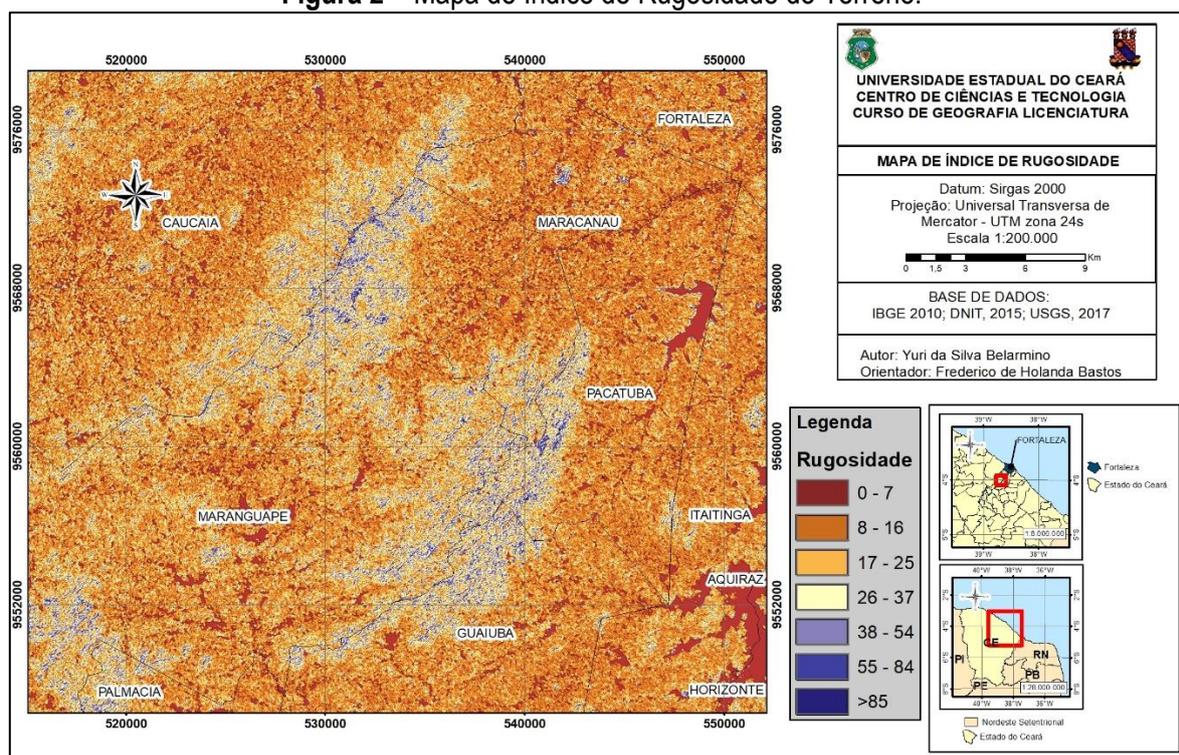
Portanto é nesse ponto já em superfície por compensação isostática e acentuação do intemperismo (TWIDALE, 1990), modificando os mantos de erosão por processos fluviais, as rochas mais resistentes criou sobressaltos topográficos de elevações superiores aos 500m e outros relevos isolados em meio a uma grande superfície de aplainamento que se estende dos tabuleiros até a periferia das bacias sedimentares. Nesse sentido os relevos da serra de Maranguape e Aratanha são bons exemplos dessa atuação da erosão diferencial, de isostasia, tendo a sua intrusão, granitoides isotrópicos, estando em consonância com o evento da orogênese brasileira e resfriada em torno dos 540 MA (SAADI; TORQUATO, 1992; TORQUATO et al, 1986; BRANDÃO, 1995)

De acordo com estudos petrográficos sobre os relevos da serra de Maranguape e Aratanha, as rochas encontradas nesses locais são exemplificadas por granitoides meso a canazonal com implantação do tipo passivo com tendência para permissivo. Desse modo, as rochas podem ser classificadas como: moscovita-biotita granito e/ou biotita moscovita granitos; biotita granitos; moscovita-biotita monzogranitos e/ou biotita-moscovita monzogranitos; biotita monzogranitos; biotita granodioritos e biotita tonalitos (TORQUATO, et al., 1986). As rochas descritas sustentam os dois relevos já descritos e algumas fácies granitoides como é o caso da biotita moscovita granito podem ter facilitado a erosão diferencial que rebaixou significativamente a área de gnaisses circundante, assim, seus limites com os

litotipos pertencentes ao Complexo Gnáissico-Migmatítico não são bem definidos, devido ao forte relacionamento tectônico existente entre as duas unidades (BRANDÃO, 1995).

A organização do relevo e as proporções de quanto esse se apresenta escarpado é dado através da concentração de rugosidade do relevo (RILEY; DEGLORIA; ELLIOT, 1999). Sendo assim, os setores de maior concentração de rugosidade acima de 85 m, são representações da mudança de nível topográfico onde ocorre maior heterogeneidade/irregularidade do terreno. Através dessa técnica pode-se segmentar as duas serras em setores de maior concentração dos processos de vertentes. Para a Serra de Maranguape, seu setor SSE são onde a concentração de rugosidade é maior, que indica onde a vertente se apresentam mais dissecada pela incisão linear de canais da bacia do Rio Ceará e do Rio Maranguapinho. Na serra da Aratanha o setor de maior rugosidade é exemplificado pela vertente E, no município de Pacatuba e Guaiuba propondo maior dissecção neste local (Figura 2).

Figura 2 – Mapa de Índice de Rugosidade do Terreno.



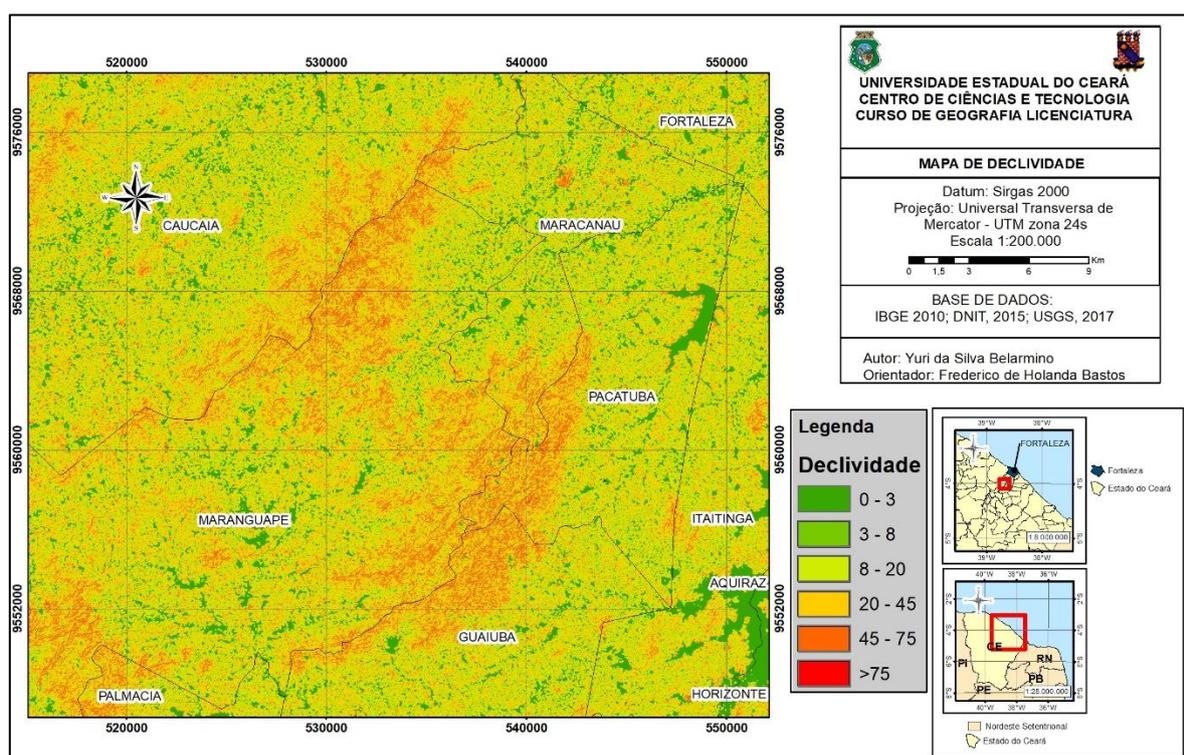
Fonte: Belarmino (2018)

A moderada dissecção das litologias granitoides associada a baixa infiltração nestes tipos rochosos, quando estes não se apresentam fraturados, acarretam em graus de declividade entre 20 a 45° de angulação, enquadrando os dois relevos como sendo fortemente ondulado com tendência a formações montanhosas. A declividade também é fator principal para a formação de solos e

manutenção dos mantos de intemperismo, assim declividades acima de 30° influenciam diretamente no desenvolvimento de solos pouco a moderadamente desenvolvidos, pois processos erosivos em declividade muito alta rapidamente é perceptível (**Figura 3**). Processos areolares são desencadeados por esta variável, tendo como facilitador a gravidade que atua com maior relevância nas áreas mais íngremes onde o material intemperizado é logo mobilizado vertente a baixo.

Em uma organização geral, a declividade é homogênea nas vertentes das duas serras, porém, no setor SE e E, respectivamente da serra de Maranguape e Aratanha é onde pode ser encontrada a maior concentração de declividades que variam entre 25 a 45° graus, que evidenciam ocorrência de rocha exposta e pouca vegetação, com rápido escoamento superficial. Em altitudes de 300m e nas principais drenagens é encontrada a presença de fluxos de detritos que são feições deposicionais onde a declividade é suavizada, e onde a gravidade atuou como mobilizador do material que em outrora se encontrava em altitudes maiores.

**Figura 3 – Mapa de declividade em graus.**



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A geomorfologia da serra da Aratanha e Maranguape é bastante semelhante discriminando cristas mais ou menos representativas, através de correlações espaciais e de averiguação em campo. A litologia em granitoides favorece a constituição enquanto relevo residual, de declividades acentuadas

e uma rugosidade de terreno que implica em setores de dissecação maior, facilitando a sua compartimentação. Porém parâmetros como curvatura de rampa e concentração de fluxo contribuem para análise das suas vertentes e dos padrões espaciais do relevo que somado as variáveis de declividade e rugosidade podem facilitar a análise geomorfológica dos dois relevos residuais.

Questões relevantes aos estudos geomorfológicos, ainda precisam de maiores discussões como é o caso da organização do modelado do relevo da região Nordeste, principalmente aos maciços residuais próximos à zona costeira do Estado do Ceará. As evidências precisam ainda de resultados mais aprofundados, como análises químicas de produtos de intemperismo, reconhecendo os principais materiais que o deram origem, assim como as datações que revelam quando tal processo foi deflagrado ou retomado.

## REFERÊNCIAS

ARTHAUD, M. H. **Evolução neoproterozóica do grupo Ceará (domínio Ceará central, NE Brasil): da sedimentação à colisão continental brasileira**. 2007. 170 f. Tese (Doutorado em Geologia) -Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

BRANDÃO, R. L. Mapa geológico da região metropolitana de Fortaleza. **Texto explicativo**. Fortaleza: CPRM, 1995.

BRASIL. CAVALCANTE, J. C.; VASCONCELOS, A. M.; MEDEIROS, M. F.; PAIVA, I. P.; GOMES, F. E. M.; CAVALCANTE, S. N.; CAVALCANTE, J. E., MELO, A. C. R.; DUARTE NETO, V. C.; BENEVIDES, H. C.. **Mapa geológico do estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2003. Escala 1:500.000.

FELGUEIRAS, C. A.; CÂMARA, G. **Modelagem Numérica de Terreno**. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos: INPE, 2001.

FERREIRA, V. P.; SIAL, A. N.; JARDIM DE SÁ, E. F. Geochemical and isotopic signatures of Proterozoic granitoids in terranes of the Borborema structural province, northeastern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 11, n. 5, p. 439-455, 1998.

KING, L.C. A Geomorfologia do Brasil Oriental. **Rev. Bras. Geogr.**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 147-265, 1956.

LUGO HUBP, J. **Encyclopedia of Geomorphology**. Investigaciones geográficas, n. 54, p. 165-165, 2004.

MABESSONE, J. M. História geológica da Província Borborema (NE Brasil). **Revista de Geologia**, Recife, v. 15, p. 119-129, 2002.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, M. E. **Fundamentos da Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2010.

PENTEADO, M. **Fundamentos de Geomorfologia**. 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1983.

PEULVAST, J. P. & CLAUDINO SALES, V. Reconstruindo a evolução de uma margem continental passiva: um estudo morfogenético do Nordeste brasileiro. In: SILVA, J. B.; LIMA, L. C.; ELIAS, D. S. (Org.). **Panorama da Geografia Brasileira I**. São Paulo: Annablume, 2006.

PEUVAST, J. P.; CLAUDINO-SALES, V. Mapa morfoestrutural do Estado do Ceará e regiões adjacentes do Rio grande do Norte e Paraíba. **Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Estado do Ceará**. Fortaleza, Brazilian Geological Survey-CPRM, in CD-ROM, 2003.

POPPER, K. R. **A lógica da pesquisa científica**. Editora Cultrix, 1972.

RILEY, S. J.; DEGLORIA S. D.; ELLIOT, R. A Terrain Ruggedness Index that quantifies topographic heterogeneity. **intermountain Journal of sciences**, v. 5, n. 1-4, p. 23-27, 1999.

SAADI, A.; TORQUATO, J. R. Contribuição á neotectônica do estado do Ceará. **Revista de Geologia (Fortaleza)**, v. 5, 1992, p. 5-38.

SAMPAIO, T. V. M.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Índice de concentração da rugosidade: uma nova proposta metodológica para o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo como subsídio a cartografia geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 1, 2014.

TORQUATO, J. R. F.; PEDREIRA, L. H.; KAWASHITA, K.; BARBOSA, H. S. P. Rb/Sr and K/Ar determinations of Monguba and Pendanga rocks, Ceará. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 34, 1986, Goiânia – GO. **Anais...** Goiânia: Universidade Federal de Goiás. 1986.

TWIDALE, C. Rowland. The origin and implications of some erosional landforms. **The Journal of Geology**, v. 98, n. 3, p. 343-364, 1990.