

Compartimentação geológico-geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Mamanguape-PB utilizando modelagem espacial

Ailson de Lima Marques¹
Janaína Barbosa da Silva²
Danielle Gomes da Silva³

^{1,2} Universidades Federal de Campina Grande – UFCG/CH
Caixa Postal -58429-900 – Campina Grande - PB, Brasil
marques.ailsonl@gmail.com / janaina.barbosa@ufcg.edu.br

³ Universidade Federal de Pernambuco - UFPE/CFCH
Caixa Postal -50670-901 - Recife - PE, Brasil
dannavlis@yahoo.com.br

Abstract: This research is the result of a research project PIVIC/UFCG. The importance of structural geomorphology mapping for geoscience is necessary for the elucidation of many environmental issues that involve the landscape and its transformations. Among the many techno-scientific instruments used to underpin methodologies for analysis of spatial modeling, are the extraction, processing and use of information from orbital mapping. These are conditioned to many tools, including the GIS and Remote Sensing. The research objective was Mapping the Geology / Geomorphological the catchment area of the river Mamanguape in state of Paraíba-Brazil, and Specifically: Spatialize and characterize landforms and major geologic features. In the area the study was identified: Coastal Plain presenting as Plain Navy, fluvial-marine and river, these are the Quaternary environments and differs mainly by sedimentary geological composition. Coastal plain with tabular forms and hilly, an environment of Tertiary geological of Barreiras Formation. The Piedmont Borborema, an environment of Precambrian, where the relief which delineate features of gently sloping ramps and spines usually covered by unconsolidated sediments and metamorphic rocks (seas of hills). And finally, the Borborema Plateau, a Domo Precambrian, where the ridges constitute the highest cores formed by granites, gneisses and migmatites, while the depressed areas would be structured in mica schists. All of these environments have soil and hydrological peculiar characteristics.

Palavras-chave: geomorphological mapping, geology, remote sensing, geoprocessing, spatial modeling.

1. Introdução

A Geomorfologia estrutural estuda o relevo e versa com a Geologia para descrição e classificação das formas de relevo, resultantes de contínuas forças endógenas e exógenas que se opõem e interagem na litosfera (Corrêa et al. 2010).

Nesse sentido, os estudos geológico-geomorfológicos são importantes colaboradores do entendimento socioambiental, uma vez que é sobre o relevo que se dão as relações humanas e naturais. Dentre os muitos instrumentos técnico-científicos utilizados para alicerçar metodologias de análise da modelagem espacial do relevo e espacialização cartográfica, estão os de extração e processamento de informações oriundas de mapeamento orbital, como o Geoprocessamento e o Sensoriamento Remoto.

O Geoprocessamento é uma ferramenta vinculada a um Sistema de Informações Geográficas – SIG, que busca levantamentos, análises e cruzamentos de dados georreferenciados visando à realização do planejamento, manejo e ou gerenciamento de espaços específicos (FITZ, 2008). Para Kimerling (1994), um SIG pode ser definido como um conjunto de hardwares e softwares interligados para a aquisição, armazenamento, estruturação, manipulação, análise e exibição gráfica de dados espacialmente referenciados por coordenadas geográficas.

De acordo com Florenzano (2007) o Sensoriamento Remoto é a ciência que permite capturar informações sobre a superfície terrestre por meio de sensores ópticos e radares. A autora ainda enfatiza que o estudo do relevo tem a seu alcance imagens de satélite com melhor resolução espacial, espectral e temporal, geradas a partir de sensores ópticos e de

radares interferométrico na órbita terrestre, além de processamento de Modelos Digitais de Elevação do Terreno – MDE.

Assim, alçada em Ab'Saber (1969); Valeriano e Carvalho Júnior (2003); Druck et al. (2004) e Ross (2010) esta pesquisa apoia-se no Geoprocessamento de modelagem espacial do relevo aplicada à análise da bacia hidrográfica do rio Mamanguape-PB. Dessa forma tem-se nessa pesquisa por objetivo geral: mapear as unidades geológico-geomorfológicas da bacia do rio Mamanguape, com escala 1:100.000, e especificamente: analisar, espacializar e espacializar cada feição.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Caracterização da área de estudo e localização

Compreende a bacia hidrográfica do rio Mamanguape, localizada nas mesorregiões da Zona da Mata e do Agreste, entre as latitudes de 6°36'49'' e 7°11'08''S e as longitudes 34°54'42'' e 35°57'51''. Com uma área estimada em 3.522,69 km², o principal rio é o Mamanguape, de regime intermitente, Ela aflora na microrregião do Agreste da Borborema e desemboca no oceano Atlântico, se dividindo politicamente ao longo da sua área em três regiões distintas, o Brejo, o Agreste e o Baixo- vale (AESA, 2012). **Localização da área** (Figura 1).



Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Mamanguape. Base de dados: INPE e AESA (2012).

2.2 Viabilização metodológica

Para viabilização da proposta de compartimentação geológico-geomorfológica dessa pesquisa foram desenvolvidas as seguintes etapas técnica-metodológicas:

- **Levantamento das informações climatológicas, geológicas e pedológicas** - Baseou-se nas cartas da área desenvolvidas pela CPRM com escala 1:100.000 e posterior digitalização das informações, e revisão bibliográfica específica.
- **Processamento das informações geomorfológicas**- Desenvolvido através da manipulação dos MDE (SB-25-Y-A e o SB-25-Y-C), oriundos da Missão Topográfica do Radar *Shuttle*, adquiridos gratuitamente no banco de dados *online* da EMBRAPA, em sistema de coordenadas geográficas e datum WGS-84. Os modelos MTRS foram manipulados no *software ArcGIS 10* e deles foram extraídas as informações morfométricas: hipsometria, sombreamento e declividade; e morfológicas: forma e posição.
- **Sistematização dos resultados obtidos** – Seguindo classificações e terminologias do Manual Técnico de Geomorfologia do Brasil (MTGB/IBGE, 2012), Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (2012) e Florenzano (2008), houve primeiro o mapeamento geológico-geomorfológico, posteriormente classificação por domínio

morfoestrutural e morfoescultural, e por ultimo análise e detalhamento de cada feição. Dessa foram a pesquisa passou pelos três níveis de tratamento que Ab'Saber (1969) orienta à compreensão do relevo brasileiro, são elas: a compartimentação topográfica, caracterização e descrição das mais precisas formas de relevo; extração de informações sistemáticas da estrutura superficial da paisagem; e o entendimento dos processos morfodinâmicos e pedogênicos, assim como a compreensão da fisiologia da paisagem.

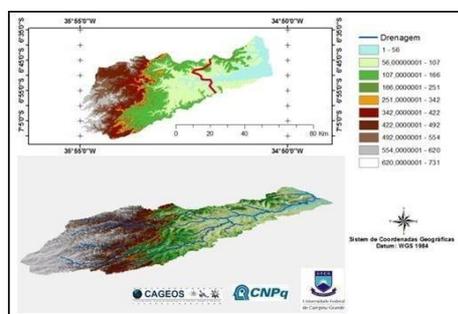
- **Montagem do layout final** - Todos os resultados foram discutidos e espacializados em mapas com a modelagem espacial do relevo em 2D e também em 3D. Para viabilidade do projeto o *software ArcGIS 10* esta licenciado para o Laboratório multiusuário de Cartografia Digital, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto - CADIGEOS, dos cursos de Pós-graduação do Centro de Humanidades da UFCG.

3. Resultados e Discussão

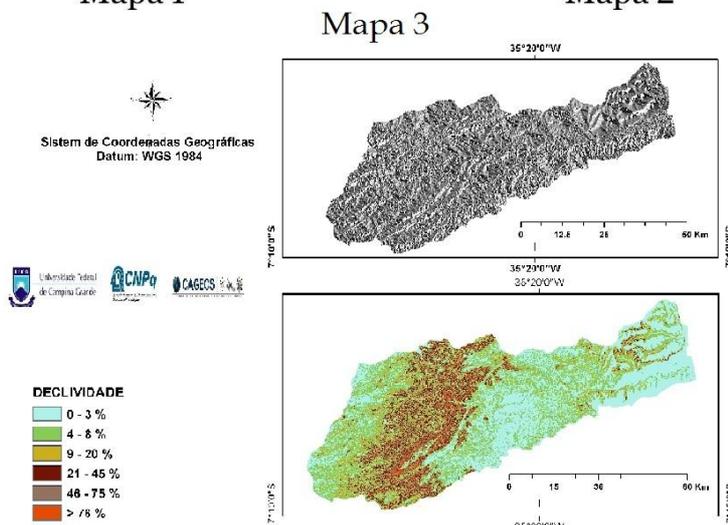
Ao mapear as unidades geológico-geomorfológicas da área foram identificados quatro ambientes distintos (Figura 2, Mapa 1): sedimentos fluviais e marinhos; Tabuleiros Costeiros; Piemonte da Borborema o e Planalto da Borborema, este é o resultado principal da compartimentação geológico-geomorfológica da Bacia do rio Mamanguape, com escala de 1:100.000. Foram registradas variações altimétricas na Bacia entre 1 a 731 m (Figura 2, Mapa 2), de acordo com a topografia da superfície da planície marinha ao Planalto da Borborema. No mapeamento a linha vermelha dividiu a bacia em dois setores: superfície morfopedogênica autóctone (interior) e superfície alóctone (litoral), a hipsometria (10 classes) foi sobreposta pela drenagem, cor azul claro e nesse arranjo tem-se as áreas mais drenadas e com as condições hidrogeomorfológicas mais significativas, onde podem ser encontradas variações de dissecções perpetuadas ao longo da evolução estrutural da Bacia. A partir do sombreado e declividade da área corroborada com a classificação de terrenos proposta pela Embrapa (Figura 2, Mapa 3), foi possível classificar estruturalmente a Bacia.



Mapa 1



Mapa 2



Mapa 3

Figura 2. Mapa temático unidades geológico-geomorfológicas, espacialização em 3D da drenagem, sombreamento e declividade com base no MTGB/IBGE (2012). Base de dados: AESA e MTRS (2012).

A partir do mapeamento das unidades geológico-geomorfológicas da área tem-se a classificação de quatro domínios morfoestruturais que se subdividem em quatro domínios morfoesculturais, como pode ser visto no quadro 1.

Quadro 1. Geologia, domínios morfoestruturais e morfoesculturais da bacia hidrográfica do rio Mamanguape-PB.

GEOLOGIA (sedimentos e litotipo)	DOMÍNIO MORFOESTRUTURAL	DOMÍNIOS MORFOESCULTURAI	ÁREA (Km ²)
Sedimentos fluviais e marinhos do Holoceno	Planície costeira	Planície fluvial, Planície flúvio-marinha e Planície Marinha	317
Rochas sedimentares marinhas e continentais do Terciário e Quaternário (Formação barreiras)	Tabuleiros costeiros	Modelado tabular e Modelado colinoso	845
Granitos, gnaisses, migmatitos e micaxistos do Pré-Cambriano	Piemonte oriental da Borborema	Mares de morros	669
	Planalto da Borborema	Maçiços residuais e Pedimentos intermontanos	1.690

Conforme o quadro 1, o primeiro ambiente analisado é a deposição de sedimentos fluviais e marinhos (praias, cordões arenosos e estuários) que datam do Holoceno, ou seja, 10 mil anos antes do presente. O ambiente dos Tabuleiros Costeiros (falésias e baixos planaltos) é composto por rocha sedimentar com camadas de origem marinha e continental oriundas do Terciário e quaternário (formação barreiras). O Piemonte da Borborema (mares de morros) é o ambiente de transição para o Planalto da Borborema e se caracteriza por litologias do Planalto e dos Tabuleiros. Sua origem deve-se provavelmente ao soerguimento do núcleo da Borborema que conseqüentemente provocou o seu rebaixamento. E por último o domo Borborema, um domo do pré-cambriano, moldado ao longo do Tempo por processos de intemperismos que o configuram como um planalto (MTGB/IBGE, 2012).

Na análise e detalhamento morfoestrutural, morfoescultural e a da composição: geologia, morfometria, morfologia e morfopedogênese, têm-se o:

Primeiro domínio morfoestrutural: Planície costeira

Divide-se em três morfoesculturas de substratos alóctones: Planície Marinha; Planície Flúvio-marinha; e Planície Fluvial.

Na primeira morfoescultura predomina-se na área um relevo plano, bem próximo ao mar sob a influência das marés. Conforme a escala de 1:100.000 desta pesquisa, a espacialização da planície marinha torna-se inviável, porém, esta espacialização poderá ser desenvolvido em possíveis e futuros aprofundamentos.

De acordo com MTGB/IBGE (2012), a Planície Marinha é constituída por sedimentos quartzarênicos, apresenta-se em formas de dunas, praias, terraços marinhos, coberturas

arenosas diversas, oriundos de depósitos do Holoceno, ou seja, no fim da última glaciação do planeta, sendo um substrato alóctone.

As Planícies Fluvial e Flúvio-marinha (Figura 3) se diferenciam da Planície Marinha devido a maior diversidade de sedimentos holocênicos, principalmente argilosos, isso se deve ao fato da ação dos rios e lagos que ao longo do seu curso trazem e levam esses sedimentos.

De acordo com (Figura 3), na Planície Flúvio-marinha predominam áreas planas e suavemente onduladas, com altitudes variando de 1 a 63 m, como pode ser observado na modelagem 3D, nas quais escoam canais de primeira ordem da Bacia. Nesta área a um relevo de agradação (zona de acumulação), com padrão de canais meandantes sob influência das oscilações das marés. Esta área de deposição é marcada pela foz do rio Mamanguape onde se forma seu estuário.

No ambiente Fluvial (Figura 3), 1 a 129 m, essa morfoesculturas apresenta superfícies planas e suaves onduladas, como pode ser observado na modelagem 3D, o rio Mamanguape apresenta uma maior descarga líquida e a velocidade do seu fluxo é constante, pois recebe águas de todos os tributários primários e secundários da Bacia.

De acordo com MTGB/IBGE (2012), essas duas morfoesculturas apresentam ambientes mistos de uma interface deposicional continental e marinha, constituída de depósitos argilo-arenosos a argilosos, com terrenos mal drenados e prolongadamente inundáveis.

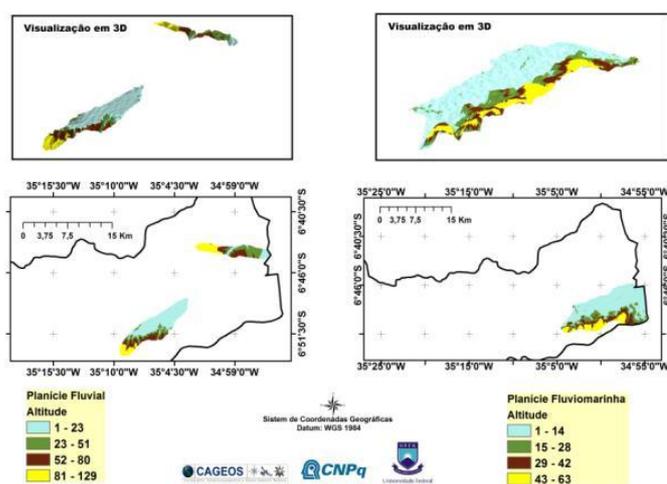


Figura 3. Morfoesculturas Planície fluvial e Flúvio-marinha da bacia do rio Mamanguape, com base no MTGB/IBGE (2012). Base de dados AESA e MTRS (2012).

Segundo domínio morfoestrutural: Tabuleiros costeiros

Na Bacia do rio Mamanguape, a morfoestrutua Tabuleiros costeiros se diferencia em duas morfoesculturas alóctones, o modelado tabular e o modelado colinoso, observados na (Figura 4, Mapa 1 e Mapa 2), que se diferenciam pela morfologia.

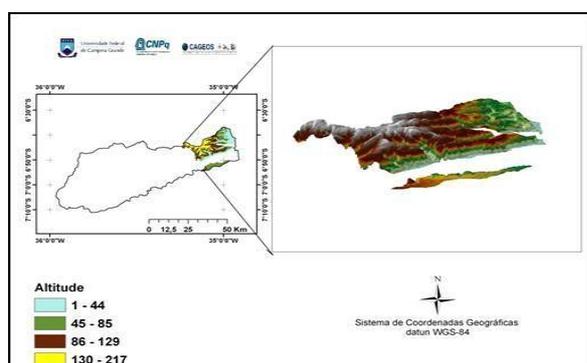
O modelado tabular se configura como a área mais ocidental da morfoestrutura, sua altitude tem uma variação de 1 a 217, prevalecendo um relevo plano à suave ondulado, com superfícies morfologicamente próximas a mesetas, tendo como limite falésias vivas e mortas, como pode ser observado na modelagem 3D da (Figura 4, Mapa 1).

O modelado colinoso, área interior da morfoestrutura, apresenta-se uma variação de altitude de 8 a 188 m, como uma superfície suave-ondulada a ondulada, se caracterizado por, além de colinas convexo-côncavas, vertentes suaves e topos arredondados, entremeadas por morrotes, como pode ser observado na modelagem 3D (Figura 4, Mapa 2).

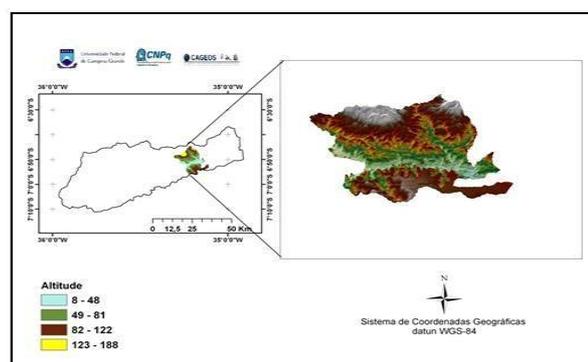
As variações morfológicas e topográficas que abrangem desde os tabuleiros costeiros até o Piemonte da Borborema são originadas pela ação da tectonização regional que é responsável por Horst e Gráben existentes nessa área, como aponta Furrier et al. (2006), também segundo os mesmos em toda região dos tabuleiros litorâneos do norte da Paraíba há falhamentos e

patamares assimétricos mostrando desníveis altimétricos bastantes distintos e separados por vales fluviais, muitas vezes fortemente entalhados, “parece não restar dúvidas de que o fator tectônico cenozóico foi determinante, tanto na formação do gráben do rio Mamanguape como na morfologia atual dos Tabuleiros costeiros que o delimita” pag 04. Segundo Suguio e Nogueira (1999); Vilas Boas, Sampaio e Pereira (2001), o Grupo Barreiras, que dá origem aos Tabuleiros costeiros, constitui uma cobertura sedimentar terrígena continental e marinha de idade miocênica a pleistocênica inferior.

No litoral da Paraíba os sedimentos da Formação Barreiras provêm basicamente dos produtos resultantes da ação do intemperismo sobre o embasamento cristalino. Em pesquisas e análises sedimentológicas desenvolvidas por Gopinath, Costa e Júnior (1993), constatou-se que os sedimentos seriam de granitos, gnaisses e xistos, que são litologias predominantes no Planalto da Borborema, como também aponta Furrier et al. (2006).



Mapa 1



Mapa 2

Figura 4. Morfoescultura Tabuleiros costeiros com formas tabulares e colinosas da bacia do rio Mamanguape, com base no MTGB/IBGE (2012). Base de dados: AESA e MTRS (2012).

Terceiro domínio morfoestrutural: Piemonte oriental do Planalto da Borborema

Corresponde à área que antecede o Planalto da Borborema, sua amplitude altimétrica tem uma variação de 18 a 231 m, o principal aspecto morfológico dessa área são morros, colinas e morrotes, formando a Morfoescultura mares de morros de substrato autóctone, como pode ser observado na modelagem 3D na (Figura 5).

Segundo MTGB/IBGE (2012) o relevo se apresenta com topo plano, que delineiam feições de rampas suavemente inclinadas e lombadas, geralmente cobertas por sedimentos inconsolidados e rochas metamórficas, em geral a área é definida por redes de drenagem de baixa densidade, com diferentes ordens de grandeza e de aprofundamento, separadas, geralmente, por vales de fundo plano, resultantes de processos de dissecação atuando sobre uma superfície aplanada.

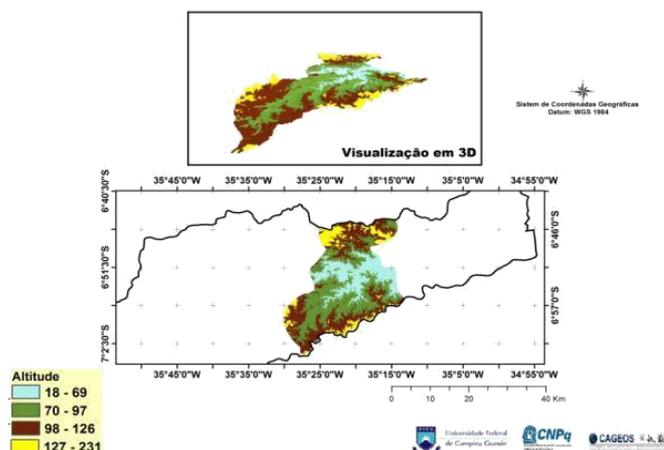


Figura 5. Morfoescultura Mares de morros da bacia do rio Mamanguape, com base no MTGB/IBGE (2012). Base de dados: AESA e MTRS (2012).

Quarto domínio morfoestrutural: Planalto da Borborema

O Planalto da Borborema se apresenta como um domo ígneo/metamorfizado à barlavento de substrato autóctone, dessa conjuntura originou-se a duas morfoesculturas: Maciços residuais e Pedimentos Intermontanos.

Os Maciços residuais apresentam morfologia em forma mesetas de contornos irregulares com encostas abruptas e ravinadas, em uma variação altimétrica de 120 a 688 m, como pode ser observado na modelagem 3D na (Figura 6, Mapa 1).

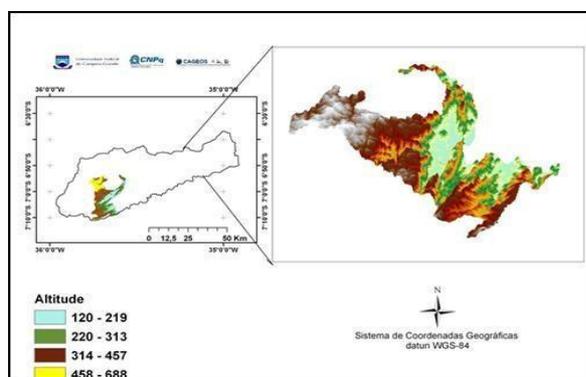
Os Pedimentos Intermontanos surgiram das diferenças litológicas do Planalto da Borborema sob ação erosiva que originaram áreas rebaixadas e aplainadas que apresentam altitudes de 59 a 731 m e morfologia de morros e vales de fundo plano, como pode ser observado na modelagem 3D, há de rochas metamorfizadas que tem menor resistência ao intemperismo, porém essa morfoescultura também apresenta cristas graníticas com altitudes superiores a 700 m, como mostra a (Figura 6, Mapa 2).

Segundo MTGB/IBGE (2012), os maciços residuais pelo posicionamento continental a leste formaram as vertentes orientais da Borborema que passaram a funcionar com áreas de exposição às massas de ar úmidas, o resultado é a dissecação mais ativa do relevo.

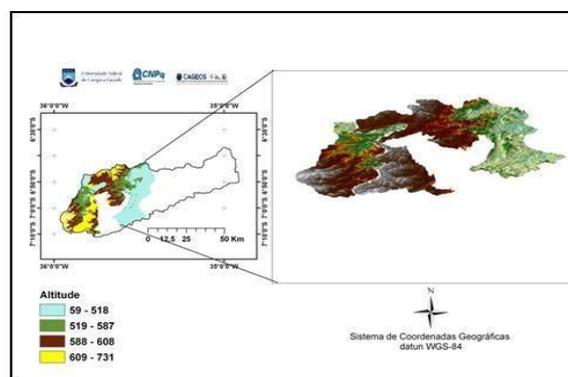
Essa morfoescultura em barlavento originou junto a outras características fitogeográficas, os Brejos de Altitude e Exposição do agreste paraibano, um acidente geográfico de superfície elevada caracterizada principalmente pela redução da temperatura (Araújo, 2012).

Os Pedimentos intermontanos a oeste recebem influencia da chamada depressão Intraplanáltica Paraibana, localizada na porção central da Borborema paraibana essa depressão encontra-se delimitada a leste e oeste pelos compartimentos de encostas que pela falta de uma perturbação tectônica mais intensa permitiu o desenvolvimento de feições mais planas (Correa et al. 2010).

Corroborando, segundo Ab'Sáber (1972) o Planalto da Borborema denomina-se como “núcleo bombeado da Borborema” com forma atual iniciada a partir do Cretáceo, sendo afetado pelos movimentos da tectônica dômica até o Quaternário. Já Corrêa (2010) definiu a Borborema como um maciço antigo, elevado, rejuvenescido e com diversas áreas de aplainamento no seu interior. As cristas constituiriam os núcleos mais elevados formados por granitos, gnaisses e migmatitos, enquanto as áreas deprimidas, onde a drenagem se encaixa, estão estruturadas nos micaxistos.



Mapa 1



Mapa 2

Figura 6. Morfoescultura dos Maciços residuais e Pedimentos intermontanos da bacia do rio Mamanguape com base no MTGB/IBGE (2012). Base de dados: AESA e MTRS (2012).

4. Conclusões

Nessa pesquisa de iniciação científica foram fundamentais os MDE-MTRS e as técnicas de Geoprocessamento para os procedimentos de manipulação de análise espacial e ambiental geológico-geomorfológica das superfícies da Bacia. O delineamento físico (geologia e geomorfologia) constituem partes importantes da natureza, porque influenciam nos ordenamentos territoriais, extração de recursos e impactos desses ao meio ambiente. Para mais detalhamentos morfoesculturais é preciso aliar as técnicas Geoprocessamento dessa metodologia a um trabalho de campo na área.

Agradecimentos

À UFCG pela concessão da iniciação científica PIVIC, aos professores Sérgio Murilo Santos de Araújo e Débora Coelho Moura pela correção do relatório parcial, a minha coorientadora professora Danielle Gomes da Silva pelo apoio científico, a minha orientadora professora Janaína Barbosa da Silva por acreditar no meu potencial, e apoio científico durante o projeto.

Referências bibliográficas

- Ab'Sáber A.N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. **Geomorfologia**. N.18, 1969.
- _____. **Participação das depressões periféricas e superfícies aplainada na compartimentação do planalto brasileiro**. São Paulo: Universidade de São Paulo / Instituto de Geografia, 1972. 38 p
- Araújo, S. M. S. Tempo, Espaço e Biogeografia. In: Rodrigues, A. F.; Silva, E. & Aguiar, J.O. **Natureza e Cultura nos Domínios de Clío: História, Meio Ambiente e Questões Étnicas**. EDUFPG, pag. 155-176, 2012.
- Corrêa, A. C.B.; Tavares, B. A.C.; Monteiro, K.A.; Cavalcanti, L.C.S.; Lira, D.R. Geomorfologia e morfoestrutura do planalto da borborema. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, n. 31, p. 35-52, 2010.
- Fitz, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficinas de Textos, 160p. 2008.
- Florenzano, T. G. Sensoriamento Remoto para Geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (Org). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- Furrier, M; Araújo, M. E.; Meneses, L. F. Geomorfologia e tectônica da Formação Barreiras no Estado da Paraíba. **Geologia USP (Série Científica)**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 61-70, out. 2006.
- Florenzano, T. G. Sensoriamento Remoto para Geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (Org). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- Gopinath, T. R.; Costa, C. R. S.; Júnior, M. A. S. Minerais pesados e processos deposicionais dos sedimentos da Formação Barreiras, Paraíba. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 15., 1993. Natal. **Anais...** Natal: SBG/Núcleo Nordeste, 1993. p. 47-48. v. 1. Disponível em: <http://www.sbg-mg.org.br/site/mostra_anais.php?id=66>. Acesso em: 12 jan. 2014.
- Kimerling, J. 1994. **Sistemas de Informações Geográficas e Cartografia**. Associação Cartográfica Internacional. Tradução de Fernando Santil e José Hamilton Azenha Pereira para o Projeto Courseware em Ciências Cartográficas. Unesp, Campus Presidente Prudente, Faculdade de Ciências e Tecnologias. Coordenação: Arlete Meneguette. São Paulo
- Manual Técnico de Geomorfologia/IBGE**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2009.
- Ross, J. L. S. Geomorfologia Ambiental. In: CUNHA, S. B. & GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia do Brasil**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 352 – 388.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 412p.
- Suguió, K. & Nogueira, A.C.R. (1999) Revisão crítica dos conhecimentos geológicos sobre a Formação (ou Grupo) Barreiras do Neógeno e seu possível significado como testemunho de alguns eventos geológicos mundiais. **Geociências**, Rio Claro (SP), v.18. 461-479p.
- Vilas Bôas, G. S., Sampaio, F. J., Pereira, A.M.S., 2001. The Barreiras Group in the Northeastern coast of the State of Bahia, Brazil: depositional mechanisms and processes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 73, p. 417-427. ISSN 0001-3765. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0001-37652001000300010&script=sci_arttext>. Acesso em: 14 jan. 2014.
- Valeriano, M. M.; Carvalho Júnior, O. A. Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.4, n.1, p.17-29, 2003.
- Druck, S.; Carvalho, M.S.; Câmara, G.; Monteiro, A.V.M. (eds). **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004.