

Aplicação de técnicas de Sensoriamento Remoto para compartimentação geomorfológica na área do gráben do Cariatá, Estado da Paraíba.

Bruno de Azevedo Cavalcanti Tavares¹,
Daniel Rodrigues de Lira¹,
Hewerton Alves da Silva¹,
Lucas Costa de Souza Cavalcanti¹,
Antonio Carlos de Barros Corrêa¹

¹Universidade Federal de Pernambuco – CFCH
Departamento de Ciências Geográficas, Rua Acadêmico Hélio Ramos, s/n
Cidade Universitária 50670-901 Recife-PE
Telefone/fax [81]2126-8277

brunoactavares@yahoo.com.br
dniellira@gmail.com
he.wasufpe@gmail.com
lucascavalcanti3@gmail.com
dbiase2001@terra.com.br

Abstract

Several tools are used in the making of geomorphological maps, throughout the decades radar data and air photos have been applied in the identification of landform features. Nevertheless, currently the use of treated satellite imagery exhibits an enormous potential in order to provide relevant geomorphological information such as, the extraction of photolinears, and the definition of landform units based on the analysis of color, texture and shape of the pixels. Thus, this work seeks to apply Remote Sensing (RS) techniques for the establishment of geomorphological and morphotectonic features in the area of the Cariatá graben, eastern State of Paraíba, aiming at highlighting relief genetic characteristics. Therefore, Landsat 5 TM (Thematic Mapper) images were analyzed, with the overlaying of bands, in order to enhance the visualization of the morphotectonic features of the landforms. Following that, the area was divided into three compartments to improve the quality of landform features interpretation. A strong structural control upon sediment distribution was observed within the graben, as well as a likely morphotectonic control upon the spatial organization of the geometric patterns of the main fluvial drainage of the area, the Paraíba river.

Palavras-chave: morphotectonics, morphometric analysis, Northeastern Brazil; morfotectônica, análise morfométrica, Nordeste do Brasil.

1. Introdução

A elaboração de mapas geomorfológicos utiliza hoje uma diversidade que recursos metodológicos e técnicos, sendo que as ferramentas mais utilizadas são os dados de radar e as fotografias aéreas analógicas. Na busca para balizar e validar a aplicação de métodos de análise morfométrica alicerçados no estado da arte das teorias e conceitos estudados pela geomorfologia, se faz cada vez mais necessário, no entanto, a aplicação de novas técnicas de mapeamento da superfície terrestre, e neste sentido o Sensoriamento Remoto se mostra uma ferramenta útil na identificação desses alvos

(MUTZENBERG, *et.al.*, 2004). A utilização de imagens de satélite com o advento das técnicas de Sensoriamento Remoto tem apresentado um grande potencial de análise dos fatos geomorfológicos, possibilitando a realização mais precisa de atividades tais como a extração de fotolineamentos e a definição de unidades de relevo, neste sentido FLORENZANO afirma que:

“... as imagens obtidas por sensoriamento remoto são interpretadas com base nos elementos de interpretação: tonalidade/cor, textura (impressão de rugosidade), tamanho, forma, sombra, altura, padrão (arranjo espacial dos objetos), localização e contexto.” (FLORENZANO, 2007).

Trabalhos realizados por Chaves Jr. (1992) e Florenzano (1993), entre outros, com imagens **Spot** e **Landsat**, constataram que as bandas do infravermelho próximo e médio são as mais indicadas para estudos relacionados com o mapeamento de feições lineares e topográficas.

O gráben do Cariatá está localizado no sudeste do Estado da Paraíba, mais precisamente a leste do município de Itabaiana. A área se caracteriza pela individualização dos elementos morfoestruturais a partir de algumas peculiaridades decorrentes da ação dos sistemas morfoclimáticos e morfotectônicos vigentes e pretéritos.

Desde a sua identificação (BRITO NEVES *et. al.*, 2001 a, b) o Gráben do Cariatá deixou clara sua importância para a interpretação do cenário geomórfico e morfotectônico regional, desafiando algumas hipóteses já firmemente estabelecidas relacionadas à evolução geomorfológica do piemonte da Borborema (Figura 1). O estudo verticalizado do Graben demonstrou a importância de se estabelecer uma relação entre superfície topográfica, materiais estruturadores e deformações neogênicas, estas evidenciadas a partir de determinadas morfoestruturas e seus correspondentes depósitos superficiais (MUTZENBERG, D. S. *et al.*, 2005). Neste sentido, este artigo apresenta o resultado da utilização de técnicas de sensoriamento remoto que possibilitem estabelecer de maneira espacialmente mais acurada os vínculos entre tectônica e relevo na área do gráben do Cariatá, para assim tentar elucidar a partir de uma base de dados imagéticos mais sólidos como se deu a esculturação da paisagem geomorfológica da região.

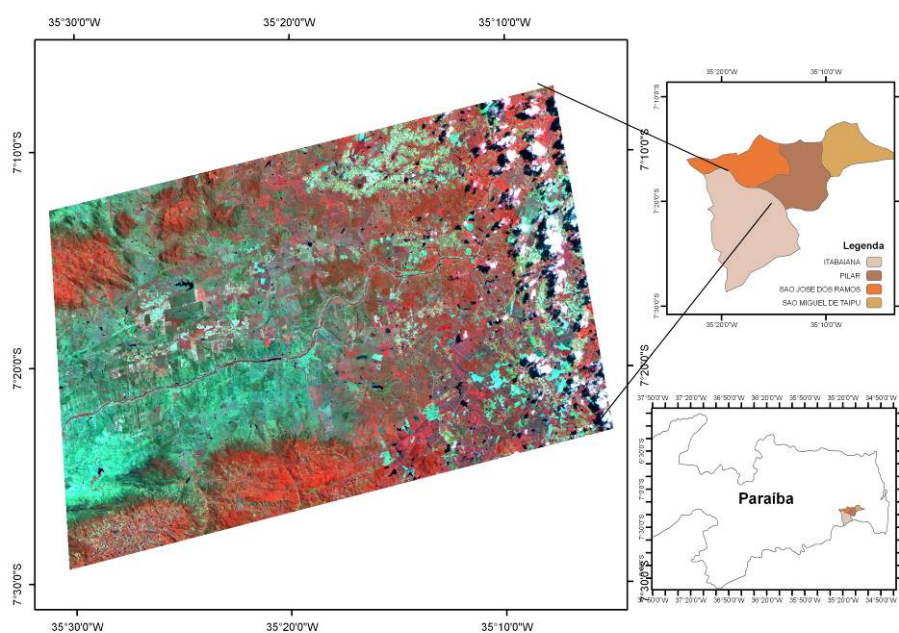


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo

2. Contexto Geológico

As unidades que servem como embasamentos ao gráben são os ortognaisses granodiorítico-graníticos, de idade arqueana/paleoproterozóica, esta unidade se apresenta subordinadamente tonalítica e com migmatitos de mesossoma metamáfico (CITAR FONTE). Devido ao posicionamento em zona de alto *strain*, entre os lineamentos Patos e Malta, tem-se com freqüência a ocorrência de faixas miloníticas e as rochas são bastante estiradas e transpostas. Esta unidade apresenta também vários traços de foliação de direção NE-SW. Na Borda sul do Gráben ocorre o domínio do Complexo Sertânia (paleoproterozóico), uma unidade metassedimentar com alguma contribuição metavulcânica máfica, característica do Terreno Alto Moxotó. Trata-se de uma seqüência eminentemente metapelítica de grau metamórfico médio a forte, sendo extremamente migmatizada. Esta unidade se localiza sobre uma zona de cisalhamento transcorrente dextral que caracteriza bem a orogênese Brasiliana. Outra unidade presente é o Complexo gnáissico-migmatítico (paleoproterozóico), neste caso tratam-se de exposições de ortognaisses tonalíticos e granodioríticos supostamente paleoproterozoicos, mas retrabalhados no Meso e Neoproterozóico. Na Borda Norte do gráben, a unidade que se faz presente são os ortognaisses e migmatitos da Serra do Jabitacá (Mesoproterozóico) e constituem grandes batólitos que ocorrem na Paraíba desde a região a norte de Monteiro até São João do Cariri. O Complexo Sumé (Meso proterozóico) também ocorre nesta área, esta unidade trata-se de uma associação de gnaisses de alto grau metamórfico, incluindo ortognaisses, paragnaisses e migmatitos, com intercalação de metabasitos, metagabros, granada metagabros e metassienitos (SANTOS *et al.*, 2002).

Na área a leste do gráben, aflora em alguns setores a Formação Beberibe. Esta denominação foi utilizada pela primeira vez por Kegel (1957) para designar a unidade que engloba toda a seqüência clástica basal do Grupo Paraíba. Trata-se de uma seqüência arenosa, com uma espessura média de 200m, em geral sem fósseis, constituída de arenitos friáveis, cinzentos e cremes, mal-selecionados, com componente argiloso. Na área leste também ocorre o afloramento de uma crosta laterítica, sobreposta ao embasamento cristalino que, a nordeste do Graben, responde pelos níveis topográficos mais dissecados. Vale salientar que essa unidade laterítica ocorre provavelmente sob os sedimentos da Formação Barreiras de idade Paleógena, assim como sobre os Ortognaisses granodioríticos de idade Paleoproterozóica, mesma unidade que se encontra sotoposta aos sedimentos neógenos que estruturam as superfícies tabuliformes do Gráben. (SANTOS *et al.*, 2002)

Os sedimentos neógenos estruturam pequenos divisores tabulares de dissecção baixa e média cuja textura os distingue das demais formações superficiais da área. Esses materiais datam do Pleistoceno médio e superior com idades que variam entre 225 Ka. e 20 Ka. AP (BEZERRA *et. al.*, 2008). Nestes sedimentos fazem-se presentes duas litofácies distintas: um lamito (corrida de lama) como unidade superior e um fluxo de detritos na base do pacote sedimentar. O lamito apresenta-se como pobremente selecionados devido à grande variação das partículas constituintes. A esfericidade média e alta dos grãos sugere que o sedimento sofreu transporte por distância moderada. O fluxo de detritos, apresenta-se como um lamito conglomerático, com predominância de seixos de quartzo e quartzito. Os seixos distribuem-se sob uma matriz psamítico-pelítica, com poucos contatos dos seixos entre si. Estes seixos são em geral arredondados e subangulosos. A matriz apresentou constituir-se de areia muito pobremente selecionada. Essa situação reflete o clima tropical semi-árido, onde os

depósitos podem ser resultados dos processos como erosão laminar, com evacuação dos finos e fluxo de detritos de baixa viscosidade (CORRÊA *et. al.*, 2005).

Também se fazem presentes ao longo da planície fluvial do rio Paraíba, sedimentos aluvionares recentes, sob a forma de terraços fluviais, e barras arenosas ao longo do curso do rio. (Figura 2)

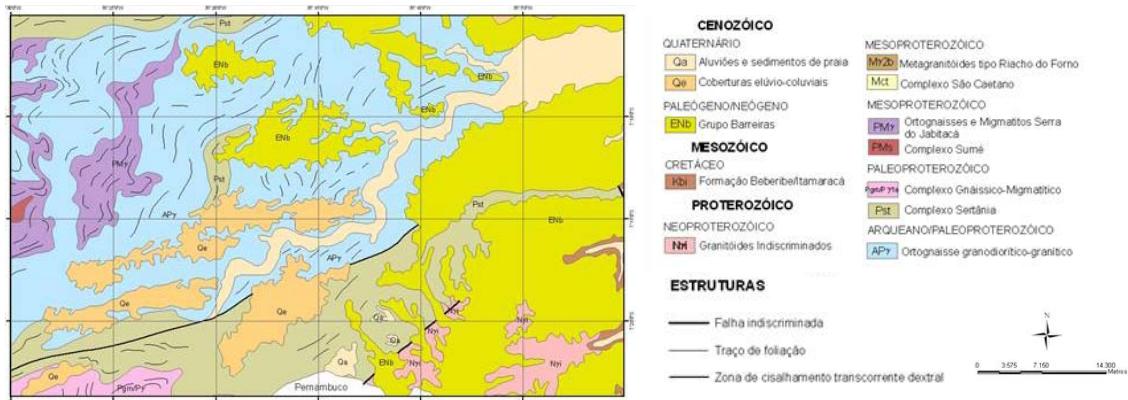


Figura 2 - Mapa geológico do Gráben do Cariatá

3. Contexto Geomorfológico

A unidade morfoestrutural regional de maior destaque na área e que recebeu maior atenção durante os estudos é a “depressão pré-litorânea paraibana”. Esta unidade se esboça como grandes alvéolos de circundenação que acompanham a grosso modo a calha dos principais rios, como o Paraíba, que de fato atuam como nível de base local para o controle da exumação dos sedimentos neo-cenozóicos que capeiam a unidade. A norte, sul e oeste esta unidade é confinada por limites morfoestruturais demarcados decorrentes da exaltação do “macro-domo” da Borborema, que na área se expressam sob a forma de degraus que separam distintos patamares altimétricos em diversos estádios de dissecação.

O Gráben apresenta vários compartimentos geomorfológicos, como planícies aluviais ao longo do rio Paraíba, modelados em dissecação tabular estruturados em sedimentos inconsolidados, encostas estruturadas e colúvio, modelados de dissecação tabular estruturados em sedimentos da bacia PE/PB, além de modelados tabulares estruturados sobre crosta laterítica. Este cenário antecede as superfícies regionais da Borborema stricto sensu, sob a forma de relevos residuais do tipo inselberg ou inselgebirge que se erguem como degraus de piemonte antecedendo as encostas do planalto.(Figura 3)

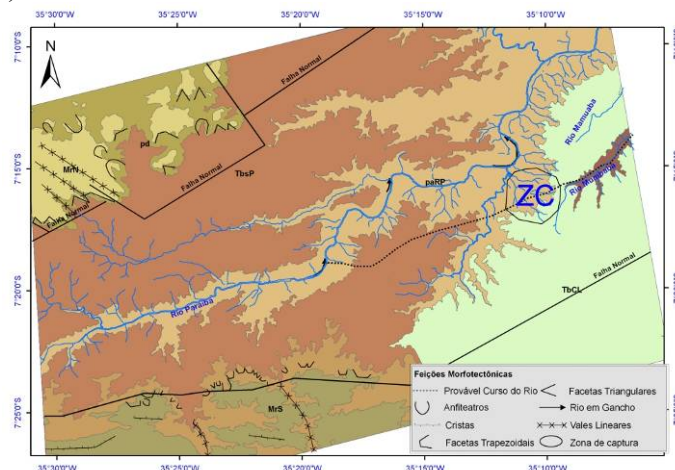


Figura 3 - Mapa Geomorfológico do gráben apresentando as feições morfotectônicas

4. Metodologia

Para a realização do mapeamento geomorfológico da área utilizou-se as imagens do LANDSAT TM 5 de órbita 65 e ponto 214 de 2007. As imagens foram adquiridas através do *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e manipuladas através do demonstrativo do ERDAS 9.1. Foram realizadas as correções radiométrica (Equação 1) e de reflectância (Equação 2) (Markham & Baker, 1987) da imagem para corrigir possíveis erros de calibração do instrumento.

$$L_{\lambda_i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND$$

Equação 1

$$\rho_{\lambda_i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda_i}}{k_{\lambda_i} \cdot \cos Z \cdot d_r}$$

Equação 2

Tentou-se identificar as feições do relevo e conseqüentemente da geomorfologia por meio de combinações de bandas. Primeiramente realizou-se uma classificação simples. Posteriormente, utilizaram-se combinações de bandas, para identificação das feições de relevo, considerando as orientações de Florenzano (2007) que indica, para áreas com cobertura vegetal densa, a região do infravermelho próximo com combinações TM 453; No caso de predomínio do solo exposto, vegetação de baixo porte e densidade, as do infravermelho médio são mais úteis. Como a área do Gráben não apresenta uma vegetação densa, utilizou-se a combinação TM 475.

Foi feito um MDT (Modelo Digital de Terreno) com dados de SRTM (SB-25-Y-C), para auxiliar nas interpretações e caracterização da área a partir das imagens de satélite Landsat 5 TM.

5. Resultados e discussão

A partir da elaboração do mapa morfotectônico foi possível identificar várias anomalias geomorfológicas de acordo com a metodologia sugerida por Goy et al. (1991). As anomalias referidas indicam a ocorrência de atividade neotectônica. As feições encontradas foram escarpas de falha e lineamentos; depósitos superficiais deformados; capturas de drenagem; anfiteatros de erosão; cristas e vales lineares e facetas triangulares e trapezoidais ao longo das encostas (Figura 4, 5 e 6).

Para melhor visualização e interpretação do mapa morfotectônico, o mesmo foi dividido em três compartimentos:

Compartimento 1 – A borda norte do gráben está sob o contexto dos pedimentos dissecados e piemontes que antecedem o Planalto da Borborema. Nesta área foram encontradas evidências de um forte recuo da escarpa controlada pela falha normal de São José dos Ramos de direção NE-SW. Esta falha controla a sedimentação neogênica confinada no gráben, além de constituir o seu limite extremo setentrional. O recuo da escarpa do horst neste setor é marcado pela ocorrência de diversas facetas trapezoidais e triangulares na base dos maciços residuais que ocorrem na área, indicando ainda que a posição da superfície contemporânea da escarpa evoluiu de forma remontante a partir da falha. Os anfiteatros de erosão que ocorrem nestes maciços sob a forma de cabeceiras em alvéolos sugerem que estas foram prováveis áreas fontes dos sedimentos que recobrem os pequenos divisores tabulares confinados no gráben (Lamito). Esta unidade litoestratigráfica está ligada a picos de intensa precipitação ocorridos durante o último

estadial. Os vales lineares apresentam-se concordantes à direção geral do relevo, indicando um controle da estrutura sobre a rede de drenagem local.

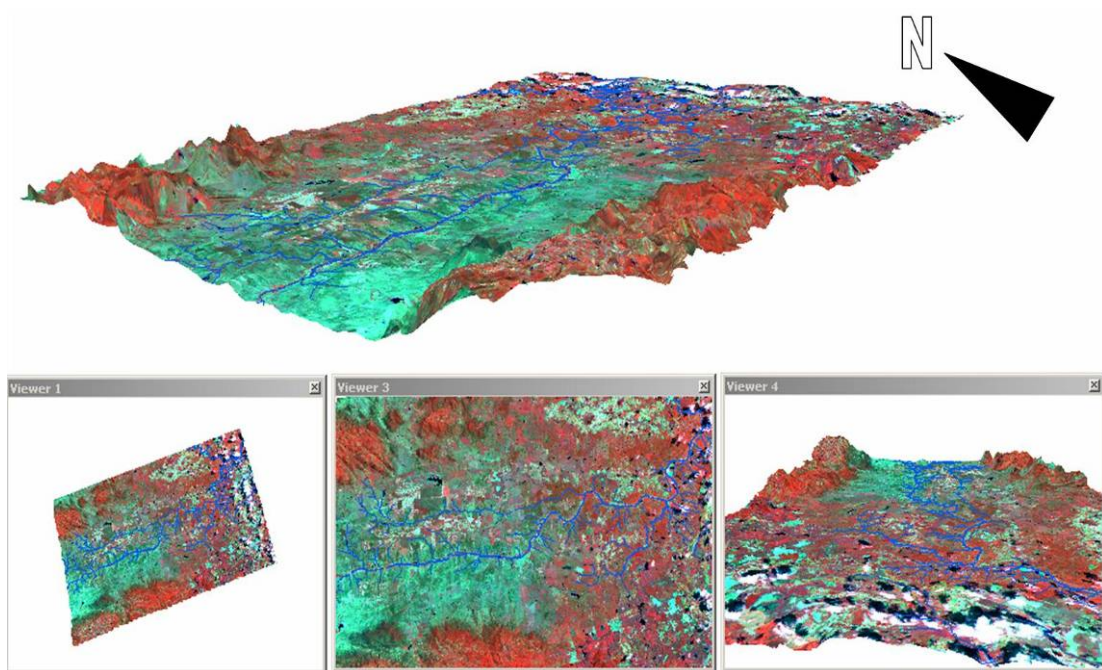


Figura 4 – Composição TM473 e sobreposição da drenagem. Fonte: os autores, 2008.

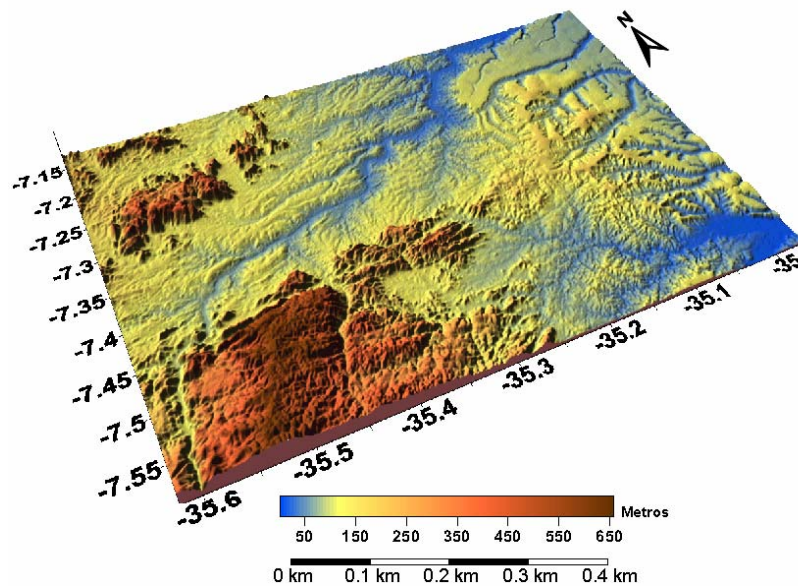


Figura 5 - Modelo Digital do terreno do Gráben do Cariatá. Fonte: os autores, 2008.

Compartimento 2 – No Horst de Manuel Mattos, borda sul do Graben, estruturado pela falha de Camutanga, um zona de cisalhamento transcorrente dextral, também foram encontradas facetas triangulares e trapezoidais, mais uma vez evidenciando o recuo da escarpa do horst. Neste setor ocorrem longas cristas e as mesmas coincidem com o *trend* regional das faixas de cisalhamento de direção E-W. No entanto os vales encontrados na área cortam o relevo na direção N-S, dissecando ativamente as cristas e encostas de direção E-W. A drenagem encaixada nesses vales se apresenta de forma

obsequente, a controlar a exumação dos sedimentos que estruturam os tabuleiros. Vale ainda ressaltar que grande parte da sedimentação neógena na margem direita do rio Paraíba foi evacuada.

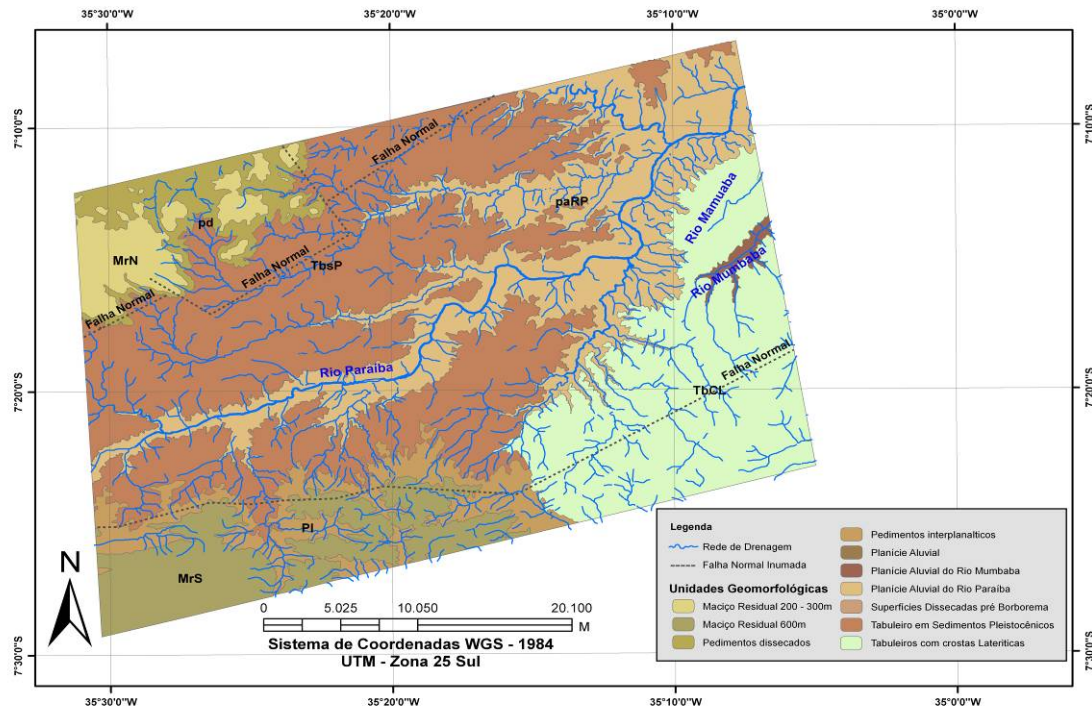


Figura 6 – Mapa Geomorfológico do Gráben do Cariatá. Fonte: os autores, 2008.

Compartmento 3 – Nesta área há várias ocorrências de captura de drenagem por parte do coletor principal da área, o rio Paraíba. No trecho imediatamente a montante do gráben a direção principal do rio é N-S, invertendo-se bruscamente para E-W na área deste estudo. Nas áreas próximas às capturas observa-se o bloqueio das drenagens laterais que demandam o Paraíba provavelmente em função da maior taxa de sedimentação ao longo do eixo principal da planície. A resposta hidrológica deste bloqueio é a formação de lagoas e áreas de drenagem impedida com afloramento dos níveis freáticos. Nas proximidades da cidade de São Miguel de Itaipu ocorre a captura mais notável do rio Paraíba, sendo possível observar na paisagem a ocorrência de um boqueirão de vento sobre-elevado por onde antes passava a calha do rio no sentido leste. A jusante da captura o antigo vale do rio Paraíba permaneceu com direção E-W agora ocupado pelo rio Mumbaba, de pequena extensão longitudinal e baixa vazão. A nascente do Mumbaba ocorre em meio a um vale suspenso (boqueirão de vento) a jusante da qual já se estabelece uma planície com mais de 100 metros de largura, neste trecho observam-se ainda terraços escalonados bastante desconectados em altimetria do nível contemporâneo da calha do Mumbaba. Este evidente rebaixamento do nível de base a leste da inflexão do Paraíba pode ter sido uma das causas da mudança de orientação no seu curso.

6. Conclusões

A aplicação conjunta de imagens de satélite e MDT's neste trabalho propiciaram uma modelagem mais fidedigna da área de estudo, constituindo-se assim em uma importante ferramenta para a análise da influência da neotectônica sobre os

compartimentos do relevo a partir da elaboração das feições morfotectônicas. Desta forma, tais feições como escarpas, facetas triangulares e trapezoidais, anfiteatros de erosão e vales lineares identificadas a partir das técnicas empregadas podem estar estritamente correlacionadas à reativação de falhas no Gráben - falhas normais e transcorrentes - controlando a deposição e disposição dos sedimentos na superfície do terreno. A rede de drenagem principal da área de estudo, o rio Paraíba, também está influenciada pela dinâmica morfotectônica, o que se faz explicitar a partir de uma incisão de maior ordem em determinados setores, resultando mesmo no abandono da antiga planície sob a forma de terraços erosivos.

7. Referencias

7.1 Artigo em periódico

BRITO NEVES, B. B. *et al.* O sistema Pajeú-Paraíba e o maciço São José doCampestre no leste da Borborema. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 31, p. 1-15,2001a.

BRITO NEVES, B. B. *et al.* O terreno alto Moxotó no leste da Paraíba (maciço Caldas Brandão). *Revista Brasileira de Geociências*, v. 31, p. 16-31, 2001b.

BEZERRA, F. H. R. *et al.* Late Pleistocene tectonic-geomorphological development within a passive margin - The Cariata trough, northeastern Brazil. *Geomorphology*, v.97, p.555-582, 2008.

GOY, *et al.* Model of morphoneotectonic map and legend. *Bull. INQUA N.C.* 14: 19-31.

MARKHAM, B. L. e BAKER, L. L. Thematic maper bandmaps solar exoatmospherical irradiance. *Internacional Journal of the Remote Sensing*. V.8, n.3 p. 517-523, 1987.

MUTZENBERG, D. S. *et al.* A influência dos controles estruturais sobre a morfogênese e a sedimentação neógena na bacia do Rio Carnaúba (RN) e sua aplicação aos estudos geoarqueológicos do Seridó. *Clio Arqueológica* Nº 19 – Vol.2, 2005.

7.2 Livro

FLORENZANO, T.G. *In:* FLORENZANO, T.G. (org.) Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de textos, 2007. p.36-72.

SUGUIO, K. Geologia do quaternário e mudanças ambientais: passado + presente = futuro? São Paulo: Paulo's comunicação e Artes gráficas, 1999.

7.3 Evento

CORRÊA, A. C. ET AL. Análise geomorfológica e sedimentológica do gráben de Cariatá, Paraíba. *In: X Congresso da Abequa*. Anais de Trabalhos Completos. Guarapari, 41-47, 2005.

7.4 Relatório Técnico

KEGEL, W. Contribuição ao estudo da bacia costeira do Rio Grande do Norte. Rio de Janeiro: DNPM/DGM, 1957. 52p. (Boletim DGM, 170).

SANTOS, E. J. dos org. Geologia e recursos minerais do Estado da Paraíba. Ministério de minas e energia. Recife, 2002.