ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Avaliação de possíveis atividades neotectônicas na região do Gráben do rio Mamanguape e adjacências através de parâmetros morfométricos e morfotectônicos, estado da Paraíba, Brasil

Wesley do Ramos Nóbrega¹; Max Furrier², Maria Emanuella Firmino Barbosa³; Alexandre de Santos Souza⁴

¹Aluno de graduação em Geografia/Bolsista de Iniciação Científica - PIBIC/UFPB/CCEN, wesjppb@gmail.com

²Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFPB/CCEN, max.furrier@hotmail.com

³Mestranda em Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia – UFPB, Aluna de graduação em Tecnologia em Geoprocessamento – IFPB, mariaemanuellaf@gmail.com

⁴Aluno de graduação em Geografia/Bolsista de Iniciação Científica - PIBIC/UFPB/CCEN, alesougeo@gmail.com

Artigo recebido em 14/08/2012 e aceito em 14/05/2013

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo identificar trechos com possíveis anomalias de drenagem no gráben do Rio Mamanguape em seu médio e baixo curso, baseando-se no índice RDE (Relação Declividade-Extensão) do perfil longitudinal, o qual apresenta indícios sobre o equilíbrio ou desequilíbrio dos trechos analisados. Para isso foram utilizadas três cartas topográficas na escala de 1:25.000, localizadas na borda oriental do Estado da Paraíba, região Nordeste do Brasil. Após a digitalização dos produtos cartográficos aplicou-se os parâmetros morfométricos revelando um panorama detalhado das feições da drenagem dos cursos d'água. Desta forma, as correlações dos dados possibilitaram um melhor entendimento das peculiaridades do sistema de drenagem da área de estudo, bem como, das configurações geomorfológicas inerentes. Para a confecção de cartas temáticas (hipsométrica e clinográfica) e do Modelo Digital do Terreno (MDT) utilizou-se do *software* SPRING 5.1.7, fato que permitiu identificar discrepâncias altimétricas entre suas bordas norte e sul, que abrange toda região adjacente do gráben evidenciando, no relevo, a presença de escarpas, vertentes em ombreiras ou *shoulders*, padrões assimétricos das redes de drenagem, e outras evidências de deformações neotectônicas que estão presentes, tais como capturas de drenagens e inflexão de cursos d'água.

Palavras-chave: Gráben do rio Mamanguape, Formação Barreiras, Tabuleiros Litorâneos.

Evaluation of possible neotectonic activity in the region of the Mamanguape river Graben and surroundings through morphometric and morphotectonic parameters, state of Paraíba, Brazil

ABSTRACT

This study aims to identify excerpts with possible drainage anomalies in the graben Rio Mamanguape in its middle and lower course, based on the index RSE (Relationship Slope-Extension) of the longitudinal profile, which presents evidence on the balance or imbalance the excerpts analyzed. For this we used three topographic maps at 1:25,000 scale, located on the eastern edge of the state of Paraíba, Northeast Brazil. After digitization of cartographic products, was applied morphometric parameters that revealed a detailed overview of the features of the drainage of watercourses. Thus, the correlations of data allow a better understanding of the peculiarities of the drainage system of the study area, as well as the inherent geomorphological settings. For making thematic maps (hypsometric and slope) and Digital Terrain Model (DTM) was used software 5.1.7 SPRING, fact that allowed top identify some altimetric discrepancies between their edges north and south, covering every region adjacent of the graben, showing in relief the presence of scarps, slopes in shoulders, asymmetrical patterns of drainage networks, and others evidences of neotectonic deformations that are present, such as capturing drainages and inflection of water courses.

Keywords: Mamanguape River Gráben, Barreiras Formation, Coastal Tablelands.

1 Introdução

A realização deste trabalho objetivou identificar a partir de técnicas e premissas geomorfológicas, trechos com anomalias de drenagem presentes num recorte de parte da borda oriental do estado da Paraíba, Nordeste do Brasil, na região correspondente as cartas topográficas de: Itapororoca (SB.25-Y-A-V-4-NO), Rio Tinto (SB.25-Y-C-III-3-NE) e Barra de Mamanguape (SB.25-Y-A-VI-3-NO) que seguem o sentido W-E, formando um complexo geomorfológico de estruturas distintas, no relevo, em sua litologia, em seu sistema de drenagem e nos efeitos provocados pela ação de tectonismo sucedido no local.

Nesta perspectiva, foram produzidos mapas temáticos e aplicados parâmetros morfométricos na rede de drenagem presente na área de estudo, visando fomentar resultados que apresentaram a situação das anomalias de drenagem decorrente de processos geológico-geomorfológicos atuais e pretéritos. Dessa forma os parâmetros aplicados na análise forneceram dados valiosos sobre as deformações ocorridas sobre a superfície crustal, Guedes et al. (2009), visto que, os cursos d'água são condicionados pela estrutura rochosa, em razão da sensibilidade da hidrografia em reagir imediatamente a qualquer deformação que a área tenha sofrido.

Em virtude destes fatores, o estudo das drenagens fluviais sempre possuiu função relevante na Geomorfologia, uma vez que sua

análise pode elucidar inúmeras questões de natureza geomorfológica (Christofolletti, 1980). Os cursos d'água possuem elementos apropriados para o levantamento de informações de importância neotectônicas, considerando que as redes de drenagem, alteram suas características morfométricas buscando atingir sua condição de equilíbrio (Etchebehere et al. 2004).

Ainda no que diz respeito às técnicas morfométricas empregadas, vale ressaltar que estas possibilitam uma avaliação rápida, eficaz e de baixo custo acerca do quadro neotectônico de uma determinada região, corroborando com o diagnóstico e comprovação de deformações no terreno (Etchebehere et al. 2004), ao exemplo do índice de (Relação Declividade vs Extensão) RDE que define a inclinação do canal em relação ao comprimento (Hack, 1973).

No mesmo intuito, para apresentar a alteração do gradiente do perfil longitudinal de um fluxo, o parâmetro morfométrico identifica mudanças na declividade presente no curso, nas quais podem ter sido originadas sob alterações causadas pela desembocadura de tributários com caudal expressivo, a diferentes resistências a erosão hidráulica do substrato litológico ou influencia tectônica, (Etchebehere et al., 2006). O outro parâmetro adotado para a identificação de deformações crustais antigas ou recentes foi o perfil longitudinal, no qual o formato côncavo é um

indício importante de estado de equilíbrio (Christofoletti, 1980; McKeown et al, 1988).

2 Material e Métodos

2.1 Localização da área de estudo

A área de estudo compreende uma faixa de aproximadamente 38 km de extensão, no sentido L–W, por 14 km de largura (N–S), perfazendo uma área de 532 km², inserida na

microrregião do Litoral Norte paraibano, sendo o rio Mamanguape a drenagem de maior expressão formando no seu baixo curso um extenso manguezal. Segundo a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA, 2004), o rio Mamanguape é de regime intermitente, estando sua bacia hidrográfica localizada no extremo leste do estado da Paraíba, entre as latitudes 6°41'57'' e 7°15'58'' sul e longitudes 34°54'37'' e 36° a oeste de Greenwich (Figura 1).

Figura 1. Localização da área de estudo.

2.2 Contexto geológico e geomorfológico

De acordo com o mapa geológico do estado da Paraíba (Brasil, 2002), a região que compreende a área de estudo (Figura 2) é constituída por uma porção expressiva do

compartimento representado pelos sedimentos areno-argilosos mal consolidados da Formação Barreiras.

Ademais, a região apresenta forte controle estrutural morfotectônico presente no Terreno Alto Pajeú (TAP), que forma o embasamento cristalino da região. Segundo

Hasui e Ponçano (1978) e Asmus e Ponte (1973); o (TAP) foi afetado por movimentações no Cenozoico, que de acordo com Brito Neves et al. (2004) reativou antigas linhas de falhas do Proterozoico, dando origem ao gráben do rio Mamanguape, que se

apresenta perpendicular à linha de costa atual. De acordo com este autor, o TAP é composto por sequências metassedimentares e metavulcanossedimentares do Mesoproterozoico, além de granitoides (Brito Neves et al., 1995).

Figura 2. Caracterização geológica da área de estudo (modificado Brasil, 2002).

O gráben do rio Mamanguape, segundo Brito Neves et al. (2004), apresenta um preenchimento sedimentar descontínuo, em razão da ação do ciclo erosivo recente, sendo constituídos principalmente por depósitos rudáceos, conglomerados, lamitosseixosos a arenosos e arenitos relacionados provavelmente a sistemas de leques aluviais e planícies de rios entrelaçados. Sendo assim, a geomorfologia se diferencia consideravelmente em razão do

substrato presente em cada área, sendo primordial a ocorrência de processos de incisão nos rios onde o substrato é excepcionalmente sedimentar.

O mapa geológico da área apresenta claramente a passagem da Formação Barreiras com o embasamento cristalino localizado a oeste, no médio curso do rio Mamanguape onde é cortado perpendicularmente pela BR-101, da qual é possível avistar exposições de rochas do embasamento cristalino face a face, em mesma cota, com os depósitos

sedimentares da Formação Barreiras (Brito Neves et al., (2004). Desta forma, no compartimento litótopo observa-se uma intensa modelagem do relevo, exercida pelos cursos de água atuais, que sob a ação da gravidade, propiciam a esculturação morfológica presente.

Ao longo de todas as cartas topográficas, desde a transição dos substratos, ate o inicio e o fim do gráben do rio Mamanguape, constata-se um comportamento conotativo semelhante a um teclado de piano, com setores soerguidos e rebaixados alternadamente, separado pelo principal rio perpendicular a linha da costa, (Furrier et al., (2006). Esta morfologia aplica-se fielmente a porção estudada, por possuir áreas soerguidas e rebaixadas, no que compreende os compartimentos que estão separados pelo rio Mamanguape.

O domínio dos Tabuleiros Litorâneos ao norte e ao sul do gráben apresenta as características estruturais relacionadas às reativações tectônicas cenozoicas. Segundo Furrier et al. (2006), estas áreas são caracterizadas por soerguimentos distintos e basculamentos, em diferentes níveis de entalhes fluviais e no padrão assimétrico de muitas redes de drenagem. O arcabouço estrutural também influenciou fortemente o padrão da rede de drenagem local, e conseqüentemente, a disposição dos tabuleiros (Furrier et al., 2006).

A área mais elevada, localizada na porção norte do gráben representa o alto estrutural de Mamanguape (Feitosa et al., 2002), que teria servido de barreira ao avanço da sedimentação clástica continental precedente do sul, sendo considerado, portanto como limite norte da Formação Beberibe e dos carbonatos da Formação Gramame, estas suprajacentes à Formação Barreiras. Sobre este alto existem apenas os arenitos calcíferos e manchas isoladas de calcarenitos, resultantes do máximo transgressivo que cobriu esta área (Barbosa, 2004).

2.3 Metodologia

O método utilizado neste trabalho apoiou-se na elaboração de produtos cartográficos digitais, desenvolvidos a partir da vetorização das cartas topográficas de Itapororoca (SB.25-Y-A-V-4-NO), Rio Tinto (SB.25-Y-C-III-3-NE) e Barra de Mamanguape (SB.25-Y-A-VI-3-NO), na escala de 1:25.000, com equidistância entre as curvas de nível de 10 m. Foi utilizado, também, uma imagem de radar do programa da NASA *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponíveis no site: www.srtm.usgs.gov com resolução de 90 m que auxiliou na confecção das cartas temáticas (hipsométrica e clinográfica) e na aplicação do parâmetro morfométrico Razão Declividade – Extensão (RDE).

Para a elaboração da carta clinográfica foram adotadas as classes de declividade

proposta por Herz e De Biase (1989), que amarraram essas classes a limites usados internacionalmente, bem como a trabalhos desenvolvidos por institutos de pesquisa nacionais e leis vigentes no Brasil (Tabela 1). As cartas produzidas foram de grande valia para um entendimento apurado e de detalhamento inédito, pois efetuou-se a

digitalização de todo os conteúdos cartográficos das três cartas topográficas supracitadas o que acarretou num conteúdo muito considerado de informações que proporcionou um aprofundamento na morfologia da região e no entendimento pormenorizado.

Tabela 1 - Classes de declividade proposta por Herz e De Biasi (1989) em porcentagem e seus respectivos valores em graus.

CLASSES DE DECLIVIDADE	
EM PORCENTAGEM	EM GRAUS
< 12%	< 7,25°
12 - 30%	7,25 - 17°
30 - 47%	17 - 25°
47 - 100%	25 - 45°
> 100%	> 45°

O índice flúvio-morfométricos RDE foi produzido a partir dos produtos digitalizados das cartas topográficas descritas anteriormente e selecionadas para a aplicação do índice morfométrico citado.

Conforme o índice proposto por Hack (1973), chamado de *stream-gradient index*, ou simplesmente SL (relação declive, (*slope*) vs comprimento do curso, (*length*). De acordo com Etchebehere (2004) o índice pode ser

calculado baseando-se na Figura 3, sendo Dh a diferença altimétrica entre dois pontos, Dl a projeção horizontal da extensão do segmento, e L o comprimento total do curso d'água a montante do ponto para o qual o índice RDE está sendo calculado. De acordo com Hack (1973). o índice pode ser calculado por segmento (RDEtrecho) ou em sua totalidade (RDEtotal). A forma para aplicar esse índices segue os procedimentos a seguir:

Figura 3. Parâmetros utilizados no cálculo do índice RDE (Fonte: adaptado de ETCHEBEHERE, 2000 apud MARTINEZ, 2005).

1ª Etapa: com auxílio do *software* SPRING 5.1.7 foram selecionados os canais e subdivididos em ambas as sub-bacias. Com o intuito de precaver possíveis erros no processo de aplicação dos cálculos, adotou-se a margem esquerda com valores ímpares e margem direita, como valores pares. A partir dos valores obtidos foi aplicado o índice morfométrico, para então, extrair os valores altimétricos, comprimento do canal e projeção horizontal do segmento.

2ª Etapa: as operações métricas efetuadas forneceram dados que foram exportados para planilha do *software* Excel, efetuando os cálculos de RDEtrecho e RDEtotal apresentados pela fórmula da Figura 3.

3ª Etapa: Após os cálculos, os dados levantados foram organizados na Tabela 2,

apresentando os resultados obtidos no cálculo de RDEtrecho e RDEtotal, bem como o resultado da divisão RDEtrecho/RDEtotal, conforme sugerido por Seeber e Gornitz (1983).

4ª Etapa: por fim, seguindo os critérios de Seeber e Gornitz (1983), o resultado da aplicação desta relação, foi caracterizado como 2ª ordem, quando o valor obtido foi > 2 e < 10, e como de 1ª ordem quando os valores obtidos foram > 10. Após aplicação destes critérios, os resultados foram utilizados na sobreposição da rede de drenagem.

3 Resultados e discussão

3.1 Análise quantitativa

A bacia hidrográfica reflete diversos aspectos, estratigráficos, morfogenéticos, climáticos e de intervenções antrópicas (Maciel, 2009). A aplicação de índices fluvio-morfométricos é de grande valia para auxiliar na compreensão da gênese geomorfológica da área de estudo, portanto, desta maneira, torna-se possível a obtenção de dados sobre a forma como os cursos d'água se comportaram, as alterações ocorridas no passado ou como este comportamento reage a inquietações sucedidas recentemente.

O índice RDE, como já foi dito anteriormente, é utilizado para destacar as mudanças de gradiente do perfil longitudinal de um fluxo, sendo assim, nesta pesquisa, através do emprego deste parâmetro, foi possível identificar tais mudanças no

gradiente do perfil, identificando áreas com anomalias, que segundo Etchebehere et al. (2006) podem estar relacionadas a reativações neotectônicas, conforme estudos recentes tem apontado na área de estudo (Brito Neves et al. 2004, 2008; Furrier et al., 2006).

Nas figuras 4a e 4b são apresentadas as duas sub-bacias nas quais foi aplicado o índice morfométrico de Relação Declividade-

Extensão (RDE), revelando os segmentos que foram empregados o índice, além dos trechos onde foram identificadas anomalias. A análise dos dados levantados através do índice de RDE foi feita de forma que fossem avaliados e interpretados os principais trechos nos quais foi identificado algum tipo de anomalia, levando-se em consideração as características geológicas locais e as variáveis passíveis de alteração do perfil do canal.

Figura 4. Apresentação da disposição hidrográfica das duas sub-bacias: Sub-bacia do rio Tinto (bacia I) e Sub-bacia do rio Santa Cruz (bacia II), apresentando os trechos nas quais o RDE foi aplicado, com as respectivas demarcações dos segmentos onde foram identificadas anomalias de 2ª ordem.

No trecho delimitado pela bacia II (Figura 4b), o riacho Luís Dias segue paralelo ao rio Santa Cruz. Este riacho percorre um trajeto retilíneo, sem desvio significativo de sua trajetória normal em direção à foz. Segundo Christofolletti (1980), a presença de um canal reto está condicionada a existência de um embasamento rochoso homogêneo. Tal evidência é verificada no riacho Luís Dias, além de manter uma geometria similar do talvegue em todo seu curso, este riacho não possui número expressivo de tributários, fato que pode estar atrelado à composição do terreno onde ocorreu o falhamento representado exclusivamente pela rocha granitóide de quimismo indiscriminado (Nyi).

A aplicação do RDE_{trecho}/RDE_{total} permitiu a constatação de áreas que apresentam anomalias de 2ª ordem, fato este

que pode estar atrelado tanto a fatores litológicos, bem como reativações cenozoicas, valendo salientar que as duas sub-bacias selecionadas para a aplicação do índice morfométrico apresentam substratos litológicos distintos, portanto, perfazem a passagem entre o ambiente litótopo, e o embasamento cristalino, conforme apresentado no mapa geológico (Figura 2), o que ocasiona resultados significantes nos produtos flúvio-morfométricos.

Na bacia I (Figura 4a), foram identificadas 4 anomalias de 2ª ordem, das quais, no rio Tinto, principal rio da sub-bacia, representado no trecho 1 apresentou anomalia, assim como o trecho 3, deste modo, caracterizando-os com anomalias de 2ª ordem. Em seus tributários, identificaram-se anomalias no trecho 2 e no trecho 6.

Tabela 2. Relação Declividade Extensão (RDE) dos cursos selecionados para bacia I e bacia II.

BACIA I						
Trechos	ΔH	ΔL	L	RDE_{Trecho}	RDE_{Total}	RDE_{trecho}/RDE_{Total}
Trecho 1	30	587,120	601, 921	30,756	13,188	2.3320
Trecho 3	49,9	1473,276	1618,664	54,824	13,188	4.1570
Trecho 5	10,4	1216,858	1306,278	11,164	13,188	0,8465
Trecho 7	10,6	1348,170	1396,902	10,672	13,188	0,9092
Trecho 9	20,6	2883,355	3125,813	22,332	13,188	1.6933
Trecho 11	0	2515,033	2766,872	-	13,188	-

Trecho 2	30,1	1986,028	2143,074	32,480	11,719	2,7713
Trecho 4	9,6	2515,509	2258,859	9,969	11,719	0,8595
Trecho 6	49,3	2342,422	2603,001	54,784	11,719	4,7760

BACIA II

Trechos	ΔH	ΔL	L	RDE Trecho	RDE Total	RDE trecho/RDE Total
Trecho 1	10,2	929,855	958,358	10,522	8,802	1,1954
Trecho 3	30,2	1168,920	1175,735	30,376	8,802	3,4509
Trecho 5	0	1456,930	1647,937	-	8,802	-
Trecho 7	9,5	1539,103	1841,223	11,364	8,802	1,2911
Trecho 9	10,3	2280,351	3105,644	14,027	8,802	1,5936
Trecho 11	19,9	1580,198	1929,845	24,303	8,802	2,7610
Trecho 15	0	1494,756	1615,756	-	6,536	-
Trecho 17	50	2098,765	2385,958	56,841	6,536	8,6958
Trecho 2	20,5	1528,268	1631,952	21,890	5,708	3,8347
Trecho 4	9,6	1564,115	1746,837	10,721	5,708	1,8781
Trecho 6	10,3	1302,013	1346,614	10,652	5,708	1,8661
Trecho 8	9,5	1145,800	1386,548	11,496	5,708	2,0138

Fonte: Carta Topográfica Itapororoca, Carta Topográfica Rio Tinto e Carta Topográfica Barra de Mamanguape.

3.2. Análise qualitativa

Analisando a Figura 5 observou-se um panorama expressivo da área de estudo, apresentando toda a hidrografia, e demarcando áreas onde se encontram evidências de neotectônica, como: inflexões de rios, anomalias nas direções dos cursos d'água, recuos acentuados de algumas cabeceiras dos canais, identificação de alguns

exemplos de inflexão de rios com angularidade de até 90°, cursos com direções contrárias ao sentido predominante dos cursos d'água que normalmente se sucedem, e por fim, a presença de extensos trechos retilíneos em diversos cursos d'água.

Desde modo, notou-se que na área de estudo, ha vários exemplos de fenômenos anômalos, nos quais, podem estar

relacionados a tectonismos sucedidos no local e que não podem ser explicados apenas pela óptica climática. Na porção compreendida pela carta Itapororoca, o rio Santa Cruz, bem como os riachos Luís Dias e Seco são

evidências notáveis de uma possível ação da tectônica recente ocorrida no local, pois tanto o rio, como os dois riachos citados apresentam sentidos discordantes do padrão de drenagem regional encontrados.

Figura 5. Hidrografia digitalizada das três cartas topográficas utilizadas neste trabalho: demarcação de áreas com anomalias na drenagem, recuo de cabeceiras, inflexão de rios e localização das sub-bacias na área de estudo.

A bacia I esta sobre um terreno sedimentar, que em razão disso, apresenta-se com altos valores de declividade, característica visualizada na carta clinográfica (Figura 6c). Considerando que a bacia I apresenta-se sobre substrato totalmente sedimentar, seus cursos d'água apresentam declividades bastante acentuadas, fato que pode influenciar no resultado da aplicação do índice de RDE.

Entretanto, nesta área encontramos cursos com sentido NE-SW, ou seja, completamente irregulares em relação aos outros cursos apresentados, conforme visualizado na figura 5. Além disso, encontram-se nesta área, acentuados recuos de cabeceiras que assim como o exemplo anterior, podem estar atrelados a reativações tectônicas.

Na bacia II, é onde se concentram o maior número de evidências neotectônicas, como: recuo acentuado de cabeceiras próximo de se capturarem, inflexões, retinidade e direções anômalas nos cursos d'água. Por estas razões ressalta-se a grande possibilidade de tais evidências anômalas estarem relacionadas à tectônica recente. Foram encontrados cinco trechos anômalos de 2º ordem, que, podem estar associadas a influências tectônicas, por estarem dispostas em litologias de origem magmática, apresentando resistências que não permitem escavações acentuadas em seus leitos, tais como as observadas nesse setor.

Na região correspondente a carta topográfica Itapororoca (porção oeste da área de estudo), foi observada altimetrias superiores a 170 m, tanto à NW do rio Seco quanto a NE do riacho Luís Dias, com presença de morros com superfícies levemente arredondadas, vales e desníveis característicos de uma zona afetada por esforços de compressão e tensão, criando uma modelagem típica de áreas onde o falhamento tectônico teve influência fundamental na configuração do relevo e na rede hidrográfica através do rifteamento que configura o vale do rio Mamanguape no seu médio curso.

Na porção noroeste da carta Itapororoca, a rede fluvial se projeta de maneira peculiar, com elevado gradiente hidráulico. A atuação deste gradiente nesta

parte do terreno se estabeleceu principalmente no entorno do flanco erodido do episódio Itapororoca. Esta estrutura é representada por um alto topográfico de bordas suaves e contorno ligeiramente alongado com altimetria superior a 170 m em alguns pontos, e, com extensão longitudinal de aproximadamente sete quilômetros. Esta morfologia é percebida no modo como afluem os riachos da área em direção ao rio Seco.

Na parte central do rift, onde está delineado o médio curso do rio Mamanguape, o fluxo segue para leste num padrão meandrante de estrutura irregular. A drenagem fluvial é constituída por uma malha de afluentes pouco entalhados na porção sul do rio Mamanguape, onde a altimetria não excede 80 m. Já na porção norte, os rios são mais volumosos e acentuados, ajustados por linhas de falhas na estrutura das rochas (Nyi) formando um padrão centrípeto que converge em direção ao rio Mamanguape.

Esses resultados verificados corroboram de maneira conspícua a evidência de controle estrutural e tectônico no padrão de drenagem observado. Sendo assim, a morfotectônica desta região, associada aos fatores exógenos corroboram para a modelagem geomorfológica da área, constituindo compartimentos de formas distintas.

Na porção central da área de estudo, a imagem sombreada e a carta hipsométrica (Figura 6a e 6b) possibilitaram um entendimento bastante detalhado da área, mostrando duas características peculiares principais: o acentuado desnível altimétrico com os tabuleiros localizados na porção norte do gráben possuindo altitudes de até 200m e os localizados na porção sul possuindo altitudes máximas de 80m, perfazendo, portanto, uma diferença altimétrica de 120m entre os dois tabuleiros que o confinam.

No que compreende a bacia II, esta se insere dentro da carta topográfica de Itapororoca, logo, é onde se concentram o maior número de evidências neotectônicas, como: recuo acentuado de cabeceiras próximo de se capturarem, inflexões, retilinidade e direções anômalas nos cursos d'água. Por estas razões ressaltasse a grande possibilidade de tais evidências anômalas estarem relacionadas à tectônica.

Esta sub-bacia apresenta uma drenagem com cinco trechos anômalos de 2ª ordem, tal que, estas deformações podem estar associadas a influências tectônicas por estarem dispostas em litologias de caráter magmático, apresentando resistências que não permitem escavações tais como as observadas em sua sub-bacia limítrofe.

Na porção noroeste, a rede fluvial se projeta de maneira peculiar, com elevado gradiente hidráulico. A atuação deste

gradiente nesta parte do terreno se estabeleceu principalmente no entorno do flanco erodido do episódio Itaporoca. Esta estrutura é representada por um alto topográfico de bordas suaves e contorno ligeiramente alongado com altimetria superior a 170m em alguns pontos, e, com extensão longitudinal de aproximadamente sete quilômetros (Figura 6b). Esta morfologia é percebida no modo como afluem os riachos da área em direção ao rio Seco.

Na parte central do rift, onde está delineado o início do baixo curso do rio Mamanguape, o fluxo segue para leste num padrão meandrante de estrutura irregular. A drenagem fluvial é constituída por uma malha de afluentes pouco entalhados na porção sul do rio Mamanguape, onde a altimetria não excede 80 m. Já na porção norte, os rios são mais volumosos e acentuados, ajustados por linhas de falhas na estrutura das rochas (Nyi). formando um padrão centrípeto que converge em direção ao rio Mamanguape (Fig. 6a, 6b e 6c).

Esses resultados verificados corroboram de maneira conspícua a evidência de controle estrutural e tectônico no padrão de drenagem observado. Sendo assim, a morfotectônica desta região, associada aos fatores exógenos corroboram para a modelagem geomorfológica da área, constituindo compartimentos de formas distintas, não apenas na carta Itapororoca

(setor oeste), mas também nas cartas adjacentes utilizadas nesta pesquisa.

No setor compreendido pela carta topográfica Rio Tinto (porção central da área de estudo), a imagem sombreada e a carta hipsométrica (Figura 6a e 6b) possibilitaram um entendimento bastante detalhado da área, mostrando duas características peculiares principais: o acentuado desnível altimétrico com os tabuleiros localizados na porção norte do gráben possuindo altitudes de até 200 m e os localizados na porção sul possuindo altitudes máximas de 80 m, perfazendo, portanto, uma diferença altimétrica de 120 m entre os dois tabuleiros que o confinam.

A carta clinográfica (Figura 6c), mostra com grande nitidez os limites norte e sul do gráben, onde se observam declividades superiores na borda norte variando com maior frequência valores entre 47 – 100%, além de exibir com bastante clareza os elevados entalhamentos formados pelos rios: Tinto e Jacaré, cujas vertentes alcançam até 100% de declividade. Estes rios vêm exercendo seu papel de modelador do relevo com extrema eficácia além de serem os grandes fornecedores de sedimentos para o interior do gráben do rio Mamanguape, através do acentuado entalhamento que vêm exercendo sobre a Formação Barreiras.

O rio Mamanguape, devido à diferença altimétrica entre os tabuleiros que o confinam, apresenta uma rede de drenagem extremamente assimétrica, com os rios

oriundos dos tabuleiros localizados ao norte, mais avantajados, entalhados, e com recuos de cabeceiras bastante expressivos, formando vertentes com declividades muito mais superiores que os rios oriundos dos tabuleiros localizados ao sul do gráben (Figura 6c).

Essa acentuada diferença entre os Tabuleiros Litorâneos que confinam o gráben do rio Mamanguape corrobora a ideia de reativações pós-cretácicas na área, visto que essa acentuada diferença altimétrica não pode ser explicada apenas pelo fator climático, pois toda a área se encontra sob o mesmo tipo de clima (Tropical Úmido) e pluviosidade similar, o que impossibilitaria a discrepância morfológica extremamente acentuada como a verificada.

Na porção leste da área de estudo, é encontrada a maior largura do gráben com aproximadamente 5,12 km. Também nesta porção são verificadas as discrepâncias altimétricas entre os tabuleiros localizados nas porções sul e norte, perfazendo uma diferença altimétrica de 43 m (Figura 4b). Observa-se também, um maior entalhamento dos vales fluviais com declividades muito mais superiores que os vales encontrados no setor sul, com a presença bastante nítida de *shoulders*, facetas triangulares e escarpa de falha normal, características morfológicas nítidas de atividades neotectônicas em rochas sedimentares.

Figura 6. (a) Imagem sombreada. (b) Carta hipsométrica. (c) Carta clinográfica.

4 Considerações finais

Foi possível analisar as diversas peculiaridades geomorfológicas que se apresentam na área de estudo, através de cálculos específicos de interpolação efetuados pelo *software* livre SPRING para a elaboração

da carta clinográfica e hipsométrica, que revelaram os desníveis altimétricos discrepantes entre os setores norte e ao sul do gráben do rio Mamanguape, caracterizando dessa forma, essa estrutura tipicamente tectônica na presente na área de estudo. A

carta clinográfica permitiu verificar os setores com maiores porcentagens de declive, seja em razão do dissecamento acelerado do relevo provocado pela ação mecânica dos rios, ou por os mesmos estarem condicionados às falhas condicionando suas morfologias típicas.

A implementação do parâmetro fluvio-morfométrico, tal como, a Relação declividade - Extensão (RDE) foi de grande valia, visto a importância deste parâmetro para a obtenção de dados quantitativos referentes aos cursos d'água que, representam o caminho para o entendimento da evolução geomorfológica de dado local e a capacidade destes elementos acumularem as alterações que ocorreram no passado e que continuam em atuação no presente.

5. Referências

- Asmus, H. E.; Ponte, F. C. (1973). The Brazilian Marginal Basins. In: NAIRN, A. E. M.; STEHLI, F. G. (Ed.). The Ocean Basins and Margins. The South Atlantic. v. 1. Nova York: Plenum Press, pp. 87-133.
- Barbosa, J. A. (2004): Evolução da Bacia Paraíba durante o Maastrichtiano-Paleoceno - formações Gramame e Maria Farinha (Dissertação). 219 p. Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Recife.
- Brasil. Ministério de Minas e Energia. CPRM. Geologia e Recursos Minerais do Estado da Paraíba. Recife: CPRM, 2002.
- Brito Neves, B. B. de; Van Schmus, W. R.; Santos, E. J. dos; Campos Neto, M. C.; Kozuch, M. (1995). O evento Cariris Velhos na Província Borborema: Integração de dados, implicações e perspectivas. *Revista Brasileira de Geociências*, v.25, n.4, p. 279-296.
- Brito Neves, B. B.; Riccomini, C.; Fernandes, T. M. G.; Sant' Anna, L. G. (2004). O Sistema Tafrogênico Terciário do Saliente Oriental Nordeste na Paraíba: um legado Proterozóico. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 34, p. 127-134.
- Christofolletti, A. (1980). *Geomorfologia*. 2ª ed. São Paulo, Editora Blucher, pp. 102-110.
- Maciel, D. L. P. (2009). Aplicação de parâmetros morfométricos de elementos de drenagem para a caracterização da soleira de Arujá (SP) e a análise de processos neotectônicos. 100f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Centro de Pesquisa e Pós-Graduação – Universidade Guarulhos – UnG, Guarulhos.
- Etchebehere, M. L. C.; Saad, A. R.; Fulfaro, V. J.; Perinotto, J. A. J. (2004) Aplicação do índice “Relação Declividade-Extensão – RDE” na Bacia do Rio do Peixe (SP) para detecção de deformações neotectônicas. *Revista do Instituto de Geociências – USP*, v.4, n.2, p.43-56.
- Etchebehere, M. L. C.; Saad, A. R.; Santoni, G. C.; Casado, F.; Fulfaro, V. J. (2006) Detecção de prováveis deformações neotectônicas no vale do Rio do Peixe, região

ocidental paulista, mediante aplicação de índices RDE (Relação Declividade - Extensão) em seguimentos de drenagem. *Geociências*, v. 25, n. 3, p. 271-287.

Feitosa E. C., Feitosa, F. A. C., Lira, H M. P. 2002. Relações estratigráficas e estruturais entre a Bacia Potiguar e a Bacia Costeira PE/PB – uma hipótese de trabalho. XII Congresso Brasileiro de águas subterrâneas. Florianópolis, SC. Anais em CD-ROM.

Furrier, M.; Araújo, M. E.; Meneses, L. F. (2006). Geomorfologia e tectônica da Formação Barreiras no estado da Paraíba, *Geologia USP - Série Científica*, v.6, pp. 61-70.

Furrier, M.; Araújo, M. E.; Meneses, L. F. (2006). Geomorfologia e tectônica dos tabuleiros litorâneos no norte do estado da Paraíba. 6º Simpósio Nacional de Geomorfologia/ Regional Conference on Geomorphology, v. 14, pp.1-9, Goiânia-GO, Brasil.

Guedes, I. C.; Etchebehere, M. L. C.; Morales, N.; Stevaux, J. C.; Santoni, G. C. (2009). Análise morfotectônica da bacia do rio Santo Anastácio, SP, através de parâmetros fluvio-morfométricos e de registros paleossismológicos. *Geociências*, v. 28, n. 4, pp. 345-362.

Guerra, A. T.; Cunha, S. B. (2007). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 7ª Ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, pp. 211; 393-412; 365-385; 415-41.

Hack, J. T. (1973). Stream-profile analysis and stream-gradient index. *Journal of Research of the United States Geological Survey*, v. 1, n. 4, p. 421-429.

Hasui, Y; Ponçano, W. L. (1978). Geossuturas e Sismicidade no Brasil. ABGE, Anais do Cong. Bras. Geol. Eng., São Paulo, 1: pp. 331-338.

Herz, R.; de Biasi, M. (1989). Critérios e legendas para macrozoneamento costeiro. Ministério da Marinha/Comissão Interministerial para Recursos do Mar. Brasília.

Maciel, D. L. P. (2007). Aplicação de parâmetros morfométricos de elementos de drenagem para a caracterização da Soleira de Arujá (SP) e a análise de processos neotectônicos. 2007. 10 p. (Projeto de Dissertação de Mestrado), Centro de Pós-graduação, Pesquisa e Extensão – CEPPE, Universidade Guarulhos – UnG.

McKeown, F. A. et al. (1988). Analysis of stream-profile data and inferred tectonic activity, Eastern Ozark Mountains region. *U. S. Geological Survey Bulletin*, n. 1807, p. 1-39.

Neves, B. B. B.; Mantovani, M. S. M.; MORAES, C. F.; SIGOLO, J. B. (2008). As anomalias geológicas e geofísicas localizadas ao norte de Itapororoca (PB), folha Guarabira. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 38, pp. 01-23.

Santos, L. F. F. dos; Guedes, I. C.;
Etchebehere, M. L. de C. (2011). Análise
neotectônica do pontal do Paranapanema (SP)

mediante aplicação de parâmetros fluvio-
morfométricos. Geociências, v. 30, n. 4, pp.
491-507.