

**UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO CEARÁ - UECE**

Av. Dr. Silas Munguba, 1700 -
Campus do Itaperi, Fortaleza/CE

**ÍNDICE RELAÇÃO
DECLIVIDADE-EXTENSÃO
(RDE) COMO SUPORTE PARA
ANÁLISE ESTRUTURAL NA
BACIA DO RIO CAMARAGIBE
MIRIM – AL**

Adsson André da Silva Gomes

**Nivaneide Alves de Melo
Falcão**

Kleython de Araujo Monteiro

Citação: GOMES, A. A. S.;
FALCÃO, N. A. M.; MONTEIRO,
K. K. ÍNDICE RELAÇÃO
DECLIVIDADE-EXTENSÃO
(RDE) COMO SUPORTE PARA
ANÁLISE ESTRUTURAL NA
BACIA DO RIO CAMARAGIBE
MIRIM – AL. **Revista GeoUECE
(online)**, v. 09, número especial
(2), p. 110-121, jul. 2020. ISSN
2317-028X.



ÍNDICE RELAÇÃO DECLIVIDADE-EXTENSÃO (RDE) COMO SUPORTE PARA ANÁLISE ESTRUTURAL NA BACIA DO RIO CAMARAGIBE MIRIM - AL

SLOPE-EXTENSION RATIO INDEX (RDE) AS A SUPPORT FOR STRUCTURAL ANALYSIS IN THE CAMARAGIBE MIRIM RIVER BASIN - AL

ÍNDICE DE RELACIÓN PENDIENTE-EXTENSIÓN (RDE) COMO SOPORTE PARA EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL EN LA CUENCA DEL RÍO CAMARAGIBE MIRIM - AL

Adsson André da Silva GOMES¹

Nivaneide Alves de Melo FALCÃO²

Kleython de Araujo MONTEIRO³

¹ Mestrando do Instituto de Geografia Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, e-mail: adsson1992@gmail.com.

² Professora do Instituto de Geografia Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, e-mail: nivaneide.ufal@yahoo.com.br.

³ Professor do Instituto de Geografia Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, e-mail: geokleython@gmail.com.

RESUMO

A geomorfologia do Nordeste brasileiro é notadamente marcada por estruturas deformacionais dúcteis e rúpteis impressas no embasamento cristalino pré-cambriano, essas estruturas são representadas por um conjunto de morfologias desenvolvidas em zonas de falhas herdadas da estruturação pré-cambriana. O presente trabalho objetivou a identificação de rupturas de patamar, analisando o índice RDE em conjunto com a geologia e as formas de relevo atuais da bacia hidrográfica do Rio Camaragibe Mirim-AL. Foram utilizados dados SRTM do projeto TOPODATA. Foi calculado o índice de Relação Declividade – Extensão (RDE) para cada cota altimétrica da bacia com intervalo de 25 metros. Os cálculos mostraram trechos de pontos anômalos em intervalos altimétricos semelhantes nos rios escolhidos, evidenciando rupturas de patamar entre superfícies estruturais mencionadas anteriormente na literatura, planalto da Borborema (450 -300 m), superfície escarpada (300-200 m) e Depressões periféricas mesozoicas (50 m). O estudo evidenciou o antigo controle estrutural no modelamento do relevo na bacia hidrográfica do Rio Camaragibe Mirim, mostrando evidências de intervalo entre estruturas evidenciadas pela literatura.

Palavras-chave: Geomorfologia estrutural. Morfometria. Planalto da Borborema.

ABSTRACT

The geomorphology of northeastern Brazil is notably marked by ductile and brittle deformational structures imprinted in the precambrian crystalline basement, these structures are represented by a set of morphologies developed in fault



zones inherited from precambrian structuring. The present work aimed to identify threshold breaks, analyzing the RDE index together with the geology and current relief forms of the Camaragibe Mirim-AL river basin. We used SRTM data from the TOPODATA project. The Ratio of Slope - Extension Ratio (RDE) was calculated for each elevation of the basin within 25 meters. The calculations showed stretches of anomalous points at similar altimetric intervals in the chosen rivers, showing plateau ruptures between structural surfaces previously mentioned in the literature, Borborema plateau (450-300 m), rugged surface (300-200 m) and Mesozoic peripheral depressions (50 m). The study evidenced the old structural control in relief modeling in the Camaragibe Mirim River basin, showing evidence of interval between structures evidenced in the literature.

Key-words: Structural geomorphology. Morphometry. Plateau of Borborema.

RESUMEN

La geomorfología del noreste de Brasil está notablemente marcada por estructuras deformables dúctiles y frágiles impresas en el sótano cristalino precámbrico, estas estructuras están representadas por un conjunto de morfologías desarrolladas en zonas de falla heredadas de la estructura precámbrica. El presente trabajo tuvo como objetivo identificar rupturas de umbral, analizando el índice RDE junto con la geología y las formas actuales de alivio de la cuenca del río Camaragibe Mirim-AL. Utilizamos datos SRTM del proyecto TOPODATA. La relación de pendiente - relación de extensión (RDE) se calculó para cada elevación de la cuenca dentro de los 25 metros. Los cálculos mostraron tramos de puntos anómalos a intervalos altimétricos similares en los ríos elegidos, mostrando rupturas de meseta entre superficies estructurales mencionadas anteriormente en la literatura, meseta de Borborema (450-300 m), superficie rugosa (300-200 m) y depresiones periféricas mesozoicas (50 m). El estudio evidenció el antiguo control estructural en el modelado en relieve en la cuenca del río Mirmara Camaragibe, mostrando evidencia de intervalo entre estructuras evidenciado en la literatura.

Palabras-clave: Geomorfología estructural. Morfometría. Meseta de Borborema.

1. INTRODUÇÃO

A geomorfologia do Nordeste brasileiro é notadamente marcada por estruturas deformacionais dúcteis e rúpteis impresas no embasamento cristalino pré-cambriano. Essas estruturas são representadas por um conjunto de morfologias desenvolvidas em zonas de falhas herdadas da estruturação pré-cambriana (MAIA, 2014).

O Índice RDE foi estabelecido por John T. Hack em 1973, que possibilita a análise de perfis longitudinais de rios e de trechos selecionados



(ETCHEBERERE, 2004). Mais tarde Seeber e Gornitz (1983) utilizaram o índice RDE nos rios entre o platô tibetano e a cordilheira do Himalaia para analisar o contexto geotectônico em que eles estavam inseridos e de que forma os processos interferiam no curso dos rios.

O Planalto da Borborema é um escudo cristalino antigo com rochas de idade pré-cambriana e que passou por complexos processos orogenéticos, de rifteamento e epirogenéticos, gerando assim uma extensa área de escudos cristalinos de geologia heterogênea e complexa, com arranjo atual da drenagem da Borborema caracterizado por um aspecto centrífugo (AB'SABER, 1956) e formado por um embasamento cristalino criptozoico, em ligeira abóbada irregular, circundado por depósitos mesozoicos por quase todos os quadrantes (AB'SÁBER, 1952). Exceto a fachada oriental do Nordeste, onde a subsidência e o tectonismo quebrantável cretáceo interferiram na estrutura e no relevo regionais (HARTT, 1870 apud AB'SABER, 1956).

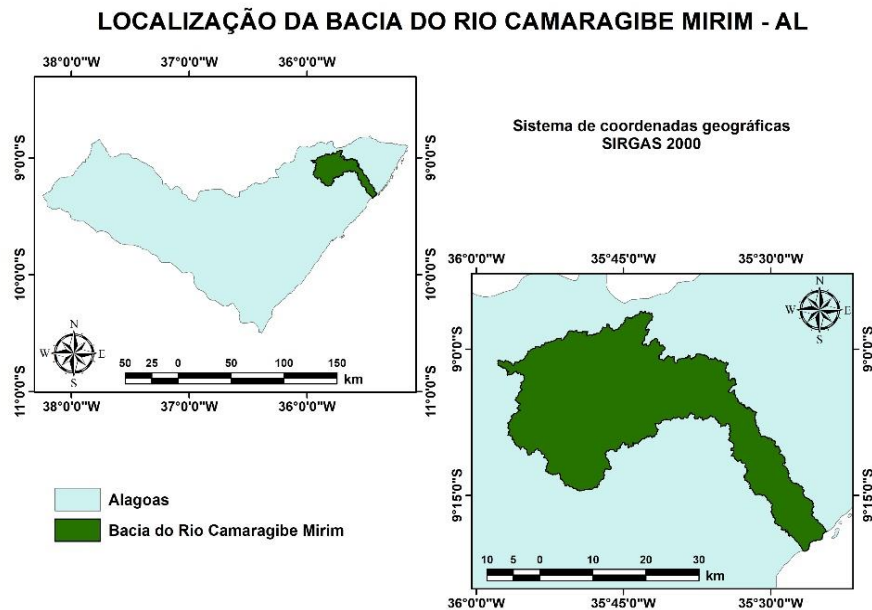
A bacia hidrográfica do Rio Camaragibe Mirim, região de estudo, localizada no estado de Alagoas na escarpa oriental do planalto da Borborema, entre as áreas de topografia elevada e o domínio dos vales e morros baixos. Este estudo objetivou a identificação de rupturas de patamar, analisando o índice RDE em conjunto com a geologia, as formas de relevo e a direção dos cursos de água atuais na área.

2. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

A bacia do Rio Camaragibe Mirim está localizada no litoral norte do estado de Alagoas, em meio a mesoregião da Zona da Mata alagoana, entre as coordenadas 35° 55' 40.4", 35° 24' 12.3" O e 8° 56' 40", 9° 19' 40" S (Figura 1), com uma área aproximada em torno de 932,5 km² passando ao longo dos territórios de quatro municípios, sendo estes Joaquim Gomes e Matriz do Camaragibe, na porção mais a montante da bacia, e os municípios de São Miguel dos Milagres e Passo do Camaragibe, mais a jusante.



Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do Rio Camaragibe Mirim.



Fonte: base de dados ao milionésimo IBGE.

A nascente do Rio Camaragibe Mirim está situada em uma serra do norte do estado: Serra da Palha e Serra Galho do Meio com uma distância de aproximadamente 89km até a sua foz. Entorno das cotas 500 e 600 metros, quase na fronteira entre Alagoas e Pernambuco, entre as coordenadas $9^{\circ} 6' 27.2''$ S e $35^{\circ} 52' 28.8''$ O, formando do Rio Camaragibe Mirim (CARVALHO, 2004). A bacia do Rio Camaragibe Mirim fica ao nordeste da bacia do rio Múndaú, um dos rios mais importantes para a economia de Alagoas, e ao sul das bacias dos rios Jacuipe, rio na fronteira Pernambuco-Alagoas, e Manguaba.

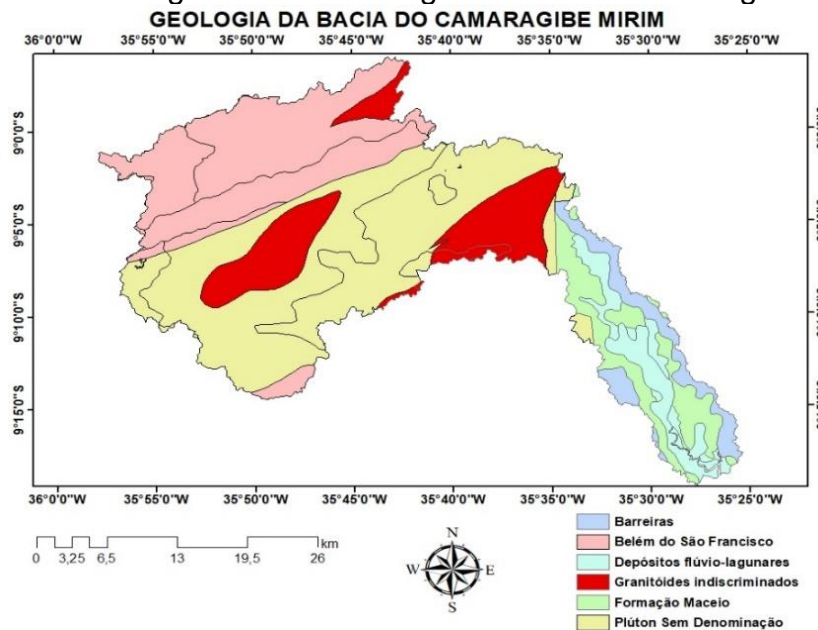
A drenagem da bacia é do tipo dendrítica e paralelo a semiparalela, tanto em seu terço superior quanto no terço médio. Na parte inferior têm características de drenagem dendrítica, retangular e paralelo (SEPLAN, 1978 apud CARVALHO, 2004). A drenagem da bacia hidrográfica segue no sentido sudoeste-nordeste no seu terço superior e médio, e sentido noroeste-sudeste em seu terço inferior.

De acordo com a CPRM a geologia da bacia do Rio Camaragibe Mirim é marcada pela ocorrência do complexo Belém do São Francisco, ao norte do rio formado em um vale encaixado a uma falha transcorrente que corta a bacia, neste trabalho nomeado por Rio tributário 2 do Camaragibe. Formado



predominantemente por maciços rochosos metamórficos que apresentam intenso a moderado grau de deformação. Abaixo do vale encaixado ocorrem afloramentos de suítes intrusivas formadas por uma série de rochas graníticas subcalcinas, por exemplo: Sienogranitos e Monzonito, apresentando um menor grau de deformação que o complexo Belém do São Francisco (Figura 4).

Figura 2: Geologia da bacia hidrográfica do Rio Camaragibe Mirim.



Fonte: CPRM.

Na parte final do curso d'água de seu Camaragibe a bacia hidrográfica apresenta formações sedimentares em um primeiro e mais alto patamar (30-80m) composto por sedimentos mesozoicos de arenitos com clastos de rochas graníticas consolidados em bacias de margens continentais (RIFT). Em um segundo e intermediário patamar (20-50m) a grupo Barreiras composta por sedimento pouco a moderadamente consolidados, datados do cenozoico. E no patamar mais a baixo sedimentos flúvio-lacustres inconsolidados, com predomínio de sedimentos arenoso intercalados com camadas argilasas.

Foram utilizados dados topográficos da bacia do Rio Camaragibe Mirim disponibilizados pelo projeto Topodata do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) com resolução espacial de 30x30 m, interpolados a partir dos dados SRTM disponibilizados pelo United States Geological Survey (USGS), por método de Krigagem seguindo a metodologia de Valeriano 2002 (VALERIANO,

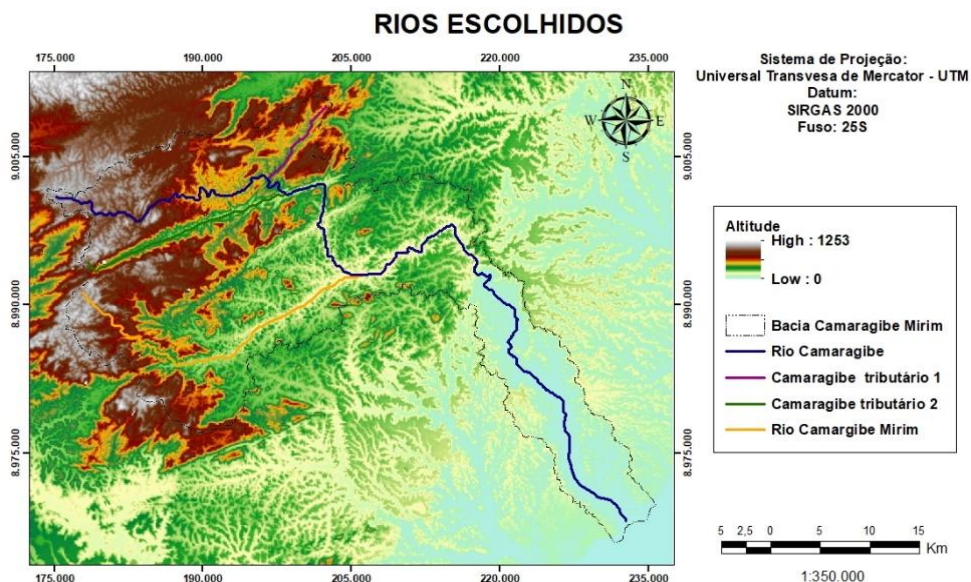


2005). Para compor a região da bacia hidrográfica do Rio Camaragibe Mirim foram utilizadas imagens dos recortes cartográficos correspondentes as folhas 08S36, 08S375, 09S36 e 09S375.

Os dados adquiridos no ambiente do projeto Topodata foram tratados em software de ambiente SIG para a obtenção de forma automática dos limites geográficos e altimetria correspondentes as feições da bacia hidrográfica do Rio Camaragibe Mirim.

A escolha dos rios para o cálculo do RDE na bacia do Rio Camaragibe Mirim foram amostradas espacialmente de forma homogênea, com mais de 10km cada, desde a cabeceira até o ponto em que atinge o canal do Camaragibe, com nascente no Planalto da Borborema. O RDE foi calculado entre intervalos altimétricos de 25 metros da cabeceira de drenagem até o exutório de cada drenagem escolhida (Figura 2) e os dados de altitude e distância foram plotados em gráficos no excel para melhor visualizar os perfis longitudinais dos rios escolhidos. Por fim foram feitas incurções a campo para verificar os pontos atribuídos como anomalias de primeiro grau pelo cálculo do Índice RDE.

Figura 3: Rios escolhidos para o cálculo do RDE.

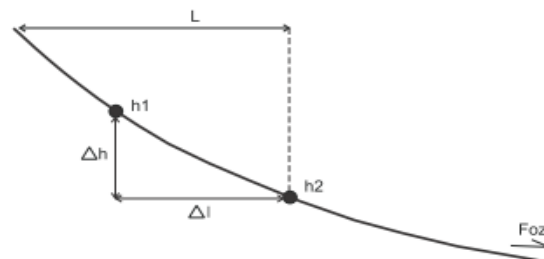


O RDE é utilizado com o objetivo de identificar setores anômalos da drenagem, lugares onde a drenagem tem mais poder erosivo como modo de



compensar alguma interferência tectônica e estrutural no relevo da bacia hidrográfica (MONTEIRO et al, 2014).

Figura 4: Cálculo do RDE para o seguimento de drenagem.



Fonte: Etcheberere, 2004.

O índice RDE do seguimento (RDE_s) pode ser calculado para um trecho do rio da seguinte forma: $RDE_s = (\Delta h / \Delta l) * L$

- Δh é a diferença altimétrica entre dois pontos extremos de um segmento ao longo do curso d'água, no presente estudo foi adotado como o valor constante de 25 m;
- Δl é a projeção horizontal da extensão do referido segmento;
- L corresponde ao comprimento total do curso d'água a montante do ponto para o qual o índice RDE está sendo calculado.

Da mesma forma pode ser calculado o RDE para todo o rio (RDE_t) considerando a diferença altimétrica da cota da cabeceira e da cota da foz dividido pelo logaritmo natural do comprimento de todo o rio. (Etcheberere, 2004; 2006): $RDE_t = \Delta h_t / \ln L$

- Δh_t é a diferença altimétrica entre as curvas de nível
- $\ln L$ é o logaritmo natural do comprimento do total do curso d'água

Desta forma pode-se seguir a análise dos setores anômalos seguindo os critérios de Seeber & Gornitz (1983) apud Etcheberere, (2006) onde são considerados setores anômalos da drenagem os que apresentam RDE_s / RDE_t > 2. Estas anomalias se subdividem em anomalias de primeira ordem (RDE_s / RDE_t ≥ 10) e anomalias de segunda ordem (2 ≤ RDE_s / RDE_t ≤ 10), representando pontos anômalos a serem investigados (Knick Points).

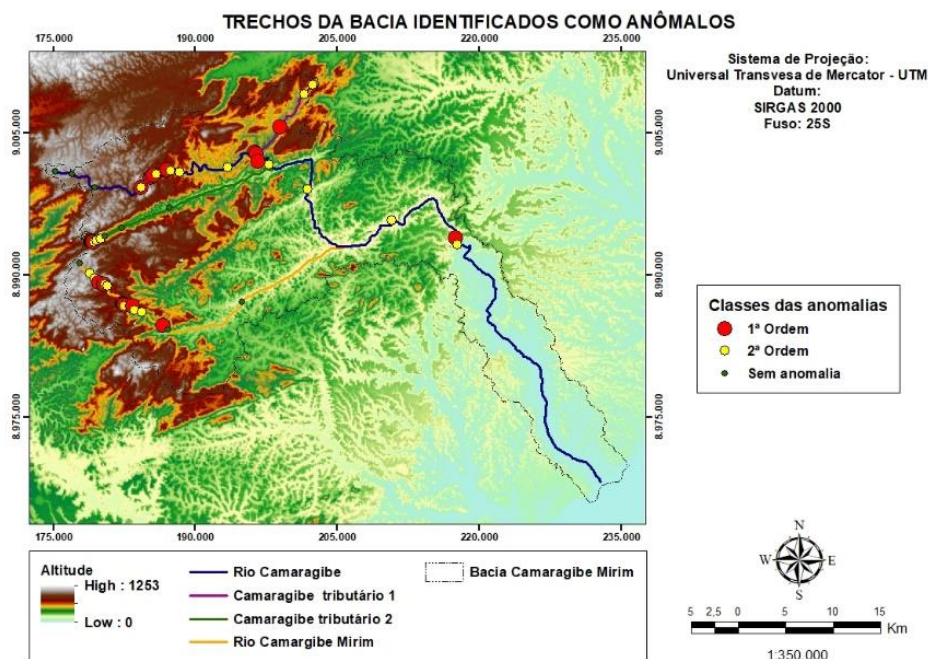


3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A forma representativa utilizada nesse trabalho é empregada em diversos trabalhos (ETCHEBERERE et. al., 2006; MONTEIRO et. al., 2014; SOUZA et. al., 2011) para a verificação de trechos da drenagem que possuam uma diminuição brusca da altitude em relação a distância percorrida pelo rio, conhecido como ruptura de patamar. Essa ruptura de patamar pode representar algum tipo de processo que esteja causando desequilíbrio no curso d'água (ETCHEBERERE e FULFARO, 2004).

Foi calculado o Índice de Relação Declividade-Extensão para 58 trechos em todos os 4 rios selecionados da bacia hidrográfica, dos quais 26 foram identificados como anomalias de segunda ordem ($2 < RDE < 10$), 22 identificados como anomalias de primeira ordem ($RDE > 10$) e 10 não apresentaram anomalia ($RDE < 2$). Os resultados obtidos através dos cálculos do Índice de Relação Declividade-Extensão foram transformados em dados SHP (ESRI shape file) e plotados no mapa hipsométrico da bacia do Rio Camaragibe Mirim (Figura 5).

Figura 5: Anomalias identificados através do cálculo do RDE.





Entre todos os trechos identificados como anomalia de primeira ordem, 7 estão no Rio Camargibe Mirim, apresentaram-se dispostos em dois grupos de pontos aglomerados, representando duas quebras de patamar próximas (Figura 6), com uma distância de 10 km entre o primeiro ponto (RDE = 17.7; 450 m) e o último ponto anômalo (RDE = 12.32; 225 m) e uma diferença altimétrica de 300 mestros. O Rio Camargibe Mirim também apresentou um ponto anômalo mais isolado próximo a zona de cisalhamento na cota altimétrica de 150 metros de altitude (RDE = 13.20).

Figura 6: Perfil longitudinal do Rio Camaragibe Mirim

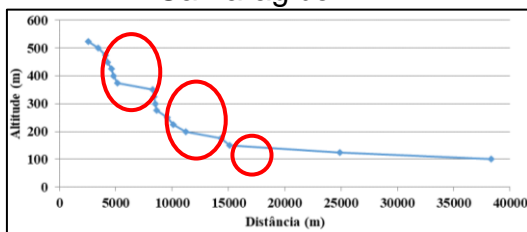
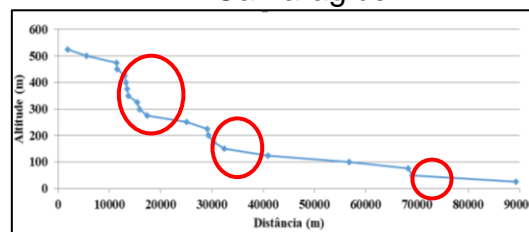


Figura 7: Perfil longitudinal do Camaragibe



O Rio Camaragibe possui 9 pontos dos 22 identificados como anomalias de primeira ordem e assim como o Rio Camargibe Mirim eles também se apresentaram dispostos em dois grupos de pontos aglomerados representando duas quebras de patamar (Figura 7). Com uma distância entorno de 20 km entre o primeiro ponto (RDE = 74.20; 450 m) e o último (RDE = 14.80; 150 m) ponto anômalo. Ambos rios mostram a aglomeração dos pontos de anomalia num intervalo altimétrico entre 450 – 150 metros. O Rio Camaragibe também mostrou um último ponto de anomalia de primeira ordem na altitude de 50 mestros (RDE = 51.74).

O perfil longitudinal do Rio tributário 1 do Camaragibe (Figura 8) mostrou apenas um ponto anômalo na altitude de 200 metros (RDE = 13.12) a uma distância de cerca de 4 km até seu exutório no Rio Camaragibe, próximo ao grupo de pontos mais abaixo do Rio Camaragibe. O perfil longitudinal do Rio tributário 2 do Camaragibe (Figura 9) mostrou uma série de 5 pontos anômalos logo em sua cabeceira de drenagem, porém nas visitas de campo pode ser observado não existir curso d'água no local onde o software, a partir do modelo, gerou uma drenagem.



Figura 8: Perfil longitudinal do Rio tributário 1

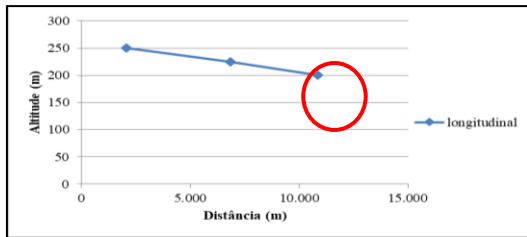
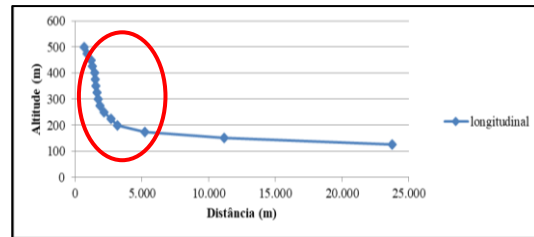


Figura 9: Perfil longitudinal do Rio tributário 2



Nas visitas a campo poderam ser observados algumas evidências do controle estrutural na energia da drenagem nos pontos identificados como anomalias de primeira ordem. Nos pontos de anomalia entre as altitudes 450 – 300 metros no Rio Camaragibe e no Rio Camargibe Mirim foi observado a presença de cachoeiras onde o curso da drenagem expõe o substrato rochoso (Figuras 10), com evidentes diáclases longitudinais. As cachoeiras mostram-se em meio ao mar de morros com topos arredondados e presença de alguns afloramentos associados a pedimentos em volta, mostrando um padrão de relevo homogêneo.

Figura 10: Trecho visitado do Rio Camaragibe.



Figura 11: Trecho visitado do Rio Camaragibe Mirim.



Nos pontos entre as altitudes de 200 – 150 metros (Figura 11) também foram observadas cachoeiras correndo sobre o substrato rochoso, em volta de morros arredondados com presença de um manto de sedimento aparentemente mais profundo e a presença de alguns pontões em meio a paisagem. Por fim na altitude de 50 m pode ser observados clastes no curso do rio, assim como mapeado pela CPRM, podendo este ponto estar associado a



transição entre a superfície de sedimentos mesozoicos consolidados em antigas margens continentais (RIFT) (Figura 12) e a Formação Barreiras, composta por sedimentos pouco a moderadamente consolidados de idade Cenozoica (Figura 13).

Figura 12: Clastos mesozoicos aos 50m de altitude.



Figura 13: Formação de sedimentos Cenozoicos.



4. CONCLUSÃO

A partir da aplicação do índice RDE, uma concentração dos pontos que apresentam anomalias de primeira ordem entre um intervalo topográfico semelhante no Rio Camaragibe e nos seus afluentes, e coincidentes com as áreas de descontinuidade apresentadas nos perfis longitudinais, mostrando evidências de uma grande zona de ruptura estrutural nas bordas do planalto strictu senso (sua escarpa) e na superfície de sedimentos mesozoicos consolidados em antigas margens continentais (entre o piemonte e o grupo barreiras).

As áreas identificadas com falhas apresentaram características de maciço menos resistente, de maneira que a drenagem erodiu com mais facilidade o substrato, não apresentando rupturas nessas áreas da bacia. Regiões com menos descontinuidade estrutural, apresentaram pontos anômalos e mais resistentes a erosão diferencial dos rios, expondo dessa forma as rochas que antes se encontravam sob grande espessura de sedimento a variação na topografia e rupturas de patamar. Mostrando a antiga influência dos processos tectônicos e da geologia na morfologia e na morfometria da bacia Hidrográfica do Camaragibe Mirim.



5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. Depressões periféricas e depressões semiáridas no Nordeste do Brasil. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 22, p. 3-18, 1956.

AB'SABER, A. N. O Planalto da Borborema na Paraíba. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 13, p. 54-73, 1952.

CARVALHO, G. S. **Relatório de Balanço de Disponibilidade x Demanda de Recursos Hídricos na região hidrográfica do Rio Camaragibe**. Semarh, 26 f., 2004.

ETCHEBEHERE, M. L.; SAAD, A. R.; FULFARO, V. J.; PERINOTTO, J. A. J.. 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, outubro de 2004.

ETCHEBEHERE, M. L., SAAD, A. R., FULFARO, V. J.; PERINOTTO, J. A. J. Detecção de prováveis deformações neotectônicas no vale do rio do peixe, região ocidental paulista, mediante aplicação de índices RDE (Relação DeclividadeExtensão) em seguimentos de drenagem. **Revista de Geociências**. v. 5, n.3, p. 271-287, 2006.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Condicionamento Estrutural do Relevo no Nordeste Setentrional Brasileiro. **Mercator**, Fortaleza, 2014.

MONTEIRO, K. A.; TAVARES, B. A. C.; CORREA, A. C. B. Aplicação Do Índice De Hack No Rio Ipojuca Para Identificação De Setores Anômalos De Drenagem E Rupturas De Relevo. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 33, n. 4, p.616-628, 2014.

SEEBER, L.; GORNITZ, V. River profiles along the Hymalaian arc as indicators of active tectonics. **Elsevier Scientific Publishing Company**, Amsterdam, p. 335-367, 1983.

SOUZA, D. V.; MARTINS, A. A. : FARIA, A. L .L. Aplicação do Índice de Hack (SL) a Um Trecho do Rio Zêzere, Portugal. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 1, 2011.

VALERIANO, M. M. **Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional**: o projeto TOPODATA. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia, GO. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. p. 1-8. 2005.