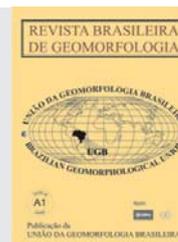




www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 15, nº 1 (2014)



INVERSÃO NEOTECTÔNICA DO RELEVO NA BACIA POTIGUAR, NORDESTE DO BRASIL.

NEOTECTONIC INVERSION OF RELIEF IN POTIGUAR BASIN, NORTHEAST BRAZIL.

Rubson Pinheiro Maia

Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará.

Campus do Pici, Fortaleza/CE, Cep: 60.455-760. Brasil.

E-mail: rubsonpinheiro@yahoo.com.br

Francisco Hilário Rêgo Bezerra

Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Av. Senador Salgado Filho, Natal/RN, Cep: 59.072-970. Brasil.

E-mail: bezerrafh@geologia.ufrn.br

Informações sobre o Artigo

Data de Recebimento:

25/04/2013

Data de Aprovação:

03/02/2014

Palavras-chave:

Neotectônica, Inversão de
Bacia, Relevo, Bacia Potiguar.

Keywords:

Neotectonics, Basin Inversion,
Relief, Potiguar Basin.

Resumo

A maioria dos trabalhos de geomorfologia desenvolvidos em bacias sedimentares discorre sobre aspectos evolutivos com ênfase na dissecação, sem, no entanto abordar a gênese das morfoestruturas. Essas morfoestruturas correspondem às formas de relevo condicionadas pela reativação de falhas e demais deformações tectônicas. Exemplos dessas deformações podem ser encontrados nas bacias sedimentares do Nordeste brasileiro e tais estruturas estão condicionadas por processos de reativação pós-rifte. Esses processos envolvem a reativação de falhas e dobras em regime compressional e exercem suma importância na geração de estruturas deformacionais, orientação de processos erosivos e controle da drenagem. Nesse contexto, a Bacia Potiguar, situada na margem equatorial do Brasil, foi afetada por eventos deformacionais associados ao tectonismo cenozoico. Tais eventos geraram morfoestruturas que influenciam os processos de evolução geomorfológica da bacia, onde os campos de tensões cenozoicos foram responsáveis pelas deformações no topo da seção pós-rifte, originando antiformes dômicos que atualmente condicionam a drenagem, a dissecação e a deposição quaternária. Desse modo, na Bacia Potiguar, as principais unidades do relevo (Serras do Mel e de Mossoró e Vales dos Rios Mossoró e Açu) apresentam evidências da participação do fator estrutural na sua gênese. Tal constatação advém da análise dos campos de tensões cenozoicos e sua repercussão no relevo, caracterização da reativação de falhas neotectônicas, amplitudes altimétricas da seção pós-rifte e dos depósitos neogênicos, quaternários e análise da rede de drenagem.

Abstract

Most studies on the geomorphology of sedimentary basins deal with the evolution of erosion features and do not analyze the origin of morphostructures. These structures correspond to fault reactivation and other types of tectonic deformation. Examples of these morphostructures can be found in the Potiguar Basin, northeastern Brazil, where they are controlled by processes of post-rift reactivation. These processes comprise fault reactivation and folding under a compressional stress regime and influenced deformation structures, erosion processes, and control the drainage system. In this context, the Potiguar Basin, located in the Equatorial margin of Brazil, was affected by deformation events in the Cenozoic. These events generated morphostructures, which have influenced the geomorphological evolution of the basin. The Cenozoic stress field deformed the top of the post-rift sedimentary units and formed fold-like dome structures, which control the drainage system, erosion, and Quaternary deposition of sediments. The most important landform units in the basin (Mel and Mossoró highs and Mossoró and Açu river valleys) exhibit evidence of structural processes in their genesis. We conclude that the Cenozoic stress fields influenced fault reactivation, landforms, height of sedimentary Neogene deposits, and the drainage system.

1. Introdução

O reconhecimento de relevos estruturais resultantes da compressão em bacias inicialmente dominadas por falhas extensionais teve vasto reconhecimento na literatura a partir dos trabalhos de Williams *et al.* (1989); Underhill e Patterson (1998), Cipollari *et al.* (1999), Ascione e Romano (1999), Muñoz *et al.* (2002), Turner e Williams (2004), Zanchi *et al.* (2006) e Dore *et al.* (2008).

Relevos resultantes da compressão de bacias ocorrem principalmente na forma de estruturas de deformação tectônica da seção rifte ou pós-rifte, a partir da inversão do campo de tensões extensional para compressional em uma bacia sedimentar (TURNER e WILLIAMS, 2004). A inversão de uma bacia sedimentar ocorre quando falhas extensionais são reativadas em ambiente compressional, promovendo o aumento da erosão na bacia e condicionando a adaptação da drenagem as novas condições do relevo (TURNER e WILLIAMS, 2004).

No Nordeste Brasileiro as bacias sedimentares registram no relevo importantes episódios de sua evolução morfotectônica. As marcas dessa evolução estão impressas de diferentes maneiras, sendo as falhas, juntas, dobras e demais deformações tectônicas as de maior importância para a evolução morfoestrutural (MAIA, 2012). Dispostas principalmente na forma de platôs, individualizados pelas depressões sertanejas, as bacias sedimentares cretáceas encontram-se afetadas por tectonismo cenozoico compressivo, exibindo um vasto acervo de estruturas e processos deformacionais.

Essas bacias têm grande parte de seus estudos

concentrados na sua fase rifte. Em várias regiões, os movimentos crustais pós-rifte, em especial do pós-Oligoceno, são pouco ou nada investigados, propiciando a falsa ideia de que estas bacias representam áreas estáveis (BEZERRA *et al.*, 2008). Entretanto trabalhos recentes mostram o contrário.

Na Bacia Potiguar, Nordeste do Brasil, durante o Cenozoico, ocorreu a reativação de importantes sistemas de falhas resultando em dobramentos com grande comprimento de onda e eixos orientados preferencialmente na direção N - S, resultantes de esforços compressivos E -W (CREMONINI e KRANER, 1995).

Os efeitos desses esforços na morfologia, drenagem e ambientes de sedimentação foram analisados por Bezerra e Vita-Finzi (2000), Bezerra *et al.* (2001, 2008), Nogueira *et al.* (2010), Moura Lima *et al.* (2010), Rossetti *et al.* (2011) e Maia (2012). Esses trabalhos demonstraram que a relação entre a tectônica cenozoica e os depósitos neogênicos e quaternários na Bacia Potiguar, é responsável pelas conformidades entre a disposição dos vales, falésias e as falhas neotectônicas. Conforme esses trabalhos, essa conformação indica a relação genética existente entre alinhamentos mais antigos e a morfologia atual dos vales e das escarpas litorâneas. Vários alinhamentos de vales e áreas deprimidas direcionam-se segundo as orientações de falhas do embasamento pré-cambriano e cretáceo, o que pode representar uma reativação recente dessas linhas de fraqueza (MOURA LIMA, *et al.*, 2010).

A compreensão dos efeitos na geomorfologia decorrentes da reativação de falhas neotectônicas em bacias sedimentares ainda é assunto pouco abordado,

sobretudo nas bacias sedimentares da margem atlântica brasileira. Desse modo, o presente trabalho avança abordando aspectos da geomorfologia, combinando-os com os dados de geologia, afloramentos, perfis litológicos de poços e bibliográficos acerca da reativação de falhas e os efeitos das tensões tectônicas pós-campanianas na porção central da Bacia Potiguar. O trabalho mostra que parte significativa do relevo desta bacia é neotectônico e tem origem na inversão do campo de tensões tectônicas durante o Cenozoico.

2. Caracterização Geológica e Geomorfológica da Bacia Potiguar.

No Nordeste Brasileiro, a Bacia Potiguar encontra-se geneticamente relacionada a uma série de bacias interiores de idade Neocomiana (MATOS, 2000; de CASTRO *et al.*, 2012). Seu arcabouço estrutural é constituído por um rifte, associado ao sistema de falhas resultantes dos esforços distensivos que culminaram na separação América do Sul-Africa no Mesozoico. O Rifte Potiguar originou-se a partir da reativação de zonas de cisalhamento do embasamento cristalino com *trend* NE-SW durante o Cretáceo Inferior (NÓBREGA *et al.*, 2005; de CASTRO *et al.*, 2012). Seu registro estratigráfico inclui três supersequências: rifte, pós-rifte e drifte (MATOS, 1992). Outra classificação indica que o preenchimento sedimentar da Bacia Potiguar está intimamente relacionado com as diferentes fases de sua evolução tectônica: duas fases de rifteamento (RIFTE I e RIFTE II), cujo registro estratigráfico é correspondente ao conjunto de sequências continentais que compõem a Supersequência Rifte; uma fase aqui denominada pós-Rifte, que corresponde a Supersequência continental e marinha, e a fase Termal, constituída pelos conjuntos de sequências marinhas transgressivas e regressivas, que compõem a Supersequência Drifte (PESSOA NETO *et al.*, 2007).

Atualmente, do ponto de vista do relevo, a porção emersa da Bacia Potiguar constitui um baixo planalto cuestiforme que se estende pelo segmento oeste do Estado do Rio Grande do Norte e o extremo leste do Estado do Ceará, com *front* voltado para S e SW e reverso para NE. No *front*, a cornija íngreme é sustentada por rochas carbonáticas da Formação Jandaíra, com somital de aproximadamente 140m. A Formação Jandaíra constitui-se de rochas carbonáticas de idade turoniana-campaniana (93,6 a 88,6 M.a) e é a principal

unidade aflorante da Bacia Potiguar. Sobre essa formação a solubilidade das rochas carbonáticas associada a zona de escarpamento não favorece a formação de depósitos de tálus na interface entre o *front* e a depressão periférica que a bordejia. Na base, o *front* forma uma rampa com inclinação muito variável moldada nos arenitos da Formação Açú. Esse setor apresenta dissecação incipiente na forma de circundesnudação, realizada por canais de 1ª e 2ª ordens dos tipos anaclinais e ortoclinais em direção à Depressão Sertaneja que limita a área do embasamento pré-cambriano e a Bacia Sedimentar (MAIA *et al.*, 2012), (Figura 1).

A Bacia Potiguar é dissecada em sua porção central pelos rios Mossoró e Açú, que constituem canais cataclinais que rompem o *front* da cuesta desenvolvendo seus cursos sobre os carbonatos aflorantes da Formação Jandaíra. Esses dois rios possuem um interflúvio dômico (Serra do Mel) que chega a atingir 270m de altitude. Esse domo é caracterizado por uma abóbada topográfica alongada na direção NE-SW e está situado na porção central da Bacia Potiguar. Seu somital constitui a altitude máxima da bacia e sua evolução tem condicionado a drenagem atual (MAIA, 2012).

Ao norte, setor mais próximo da costa, o relevo é caracterizado por amplitudes altimétricas que variam entre 0 e 200 m de altitude, com falésias litorâneas íngremes modeladas na Formação Barreiras. No vales, as planícies de inundação sazonal apresentam-se com valor altimétrico entre 0 m e 4 m partindo da foz até 26 km em direção ao interior do continente para o Rio Mossoró e 8 km para o Rio Açú. Na transição entre planície fluvial e flúvio-marinha há um aumento da largura dos vales. A amplitude altimétrica varia entre 0~1 m no limite planície fluvial e a planície flúvio-marinha e 35 m no setor onde os rios adentram a Bacia Potiguar (MAIA, 2012), (Figura 2).

Do ponto de vista da evolução tectônica, segundo Bezerra e Vita Finzi (2000), Bezerra *et al.* (2011) e Reis *et al.* (2013) a partir da análise de dados de campo, mecanismo focal, perfis de imagem e *breakout* o Cenozoico registra dois campos de tensões: um que ocorreu no Paleógeno e outro do Neógeno ao Quaternário. O primeiro campo foi caracterizado por esforços compressivos de direção aproximada N-S e distensão E-W; o segundo campo é caracterizado por compressão de direção que varia de NW-SE e distensão NE-SW na parte central e oeste da Bacia Potiguar, a compressão E-W e distensão N-S na porção leste da bacia. Esse último campo afeta

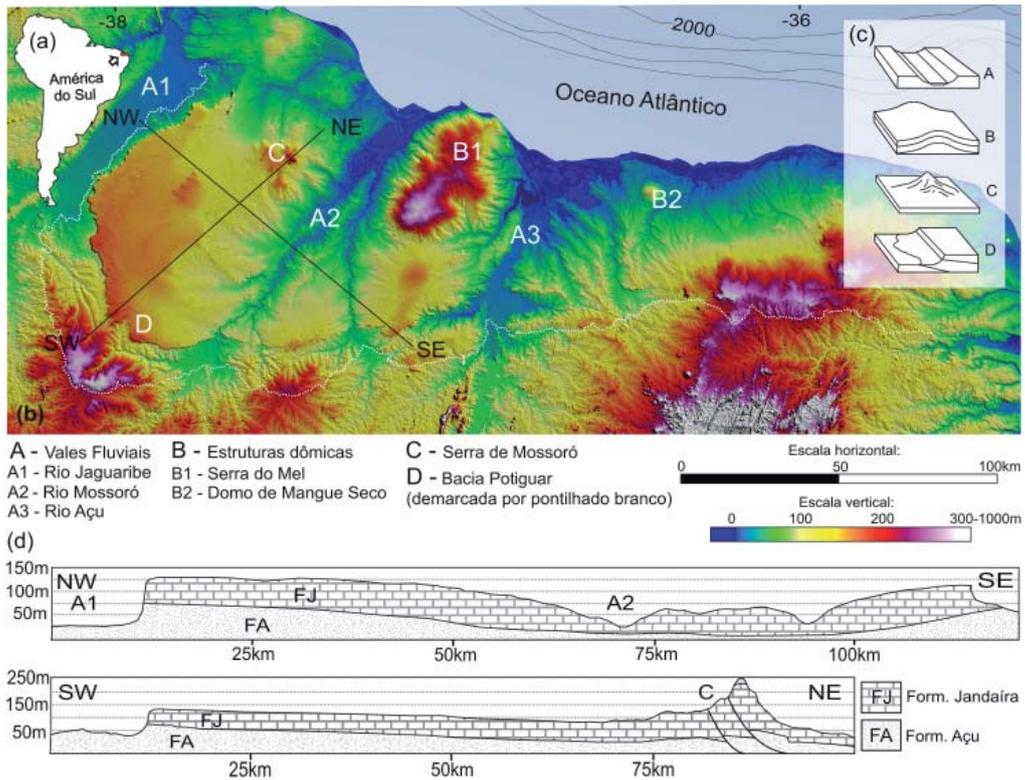


Figura 1 - Modelo Digital de Elevação da Bacia Potiguar e Perfis Geológicos e Geomorfológicos NW-SE e NE-SW.

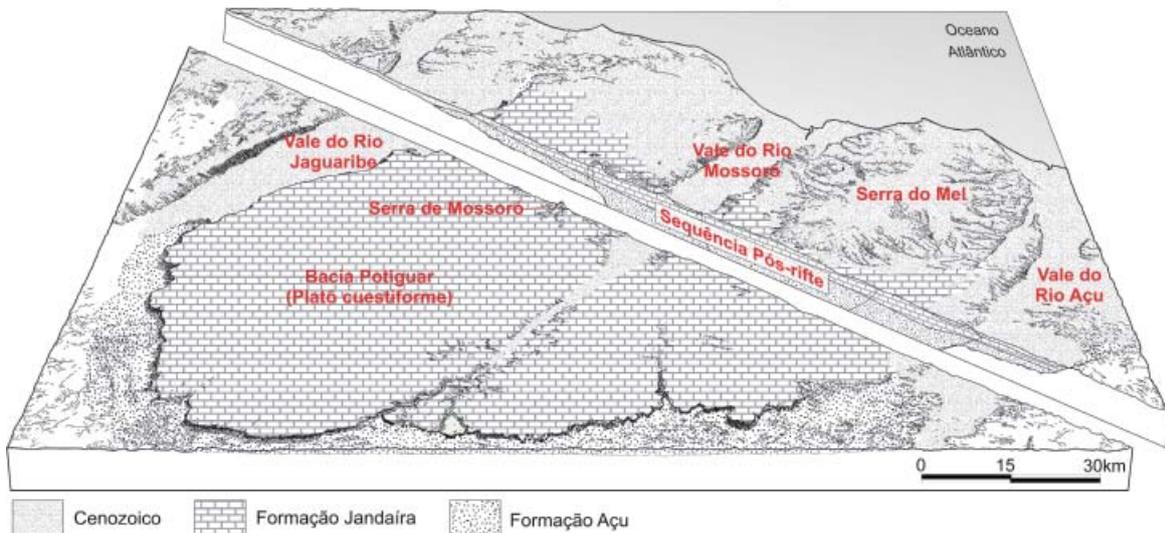


Figura 2 - Bloco diagrama da Bacia Potiguar. Recorte oblíquo evidência a sequência pós-rifte.

todas as unidades litoestratigráficas e é o único campo de tensões cujos efeitos são observados na Formação Barreiras e em sedimentos quaternários. Esses campos de tensões resultaram em uma série de morfologias

associadas ao contexto compressivo que condicionaram os processos de evolução geomorfológica, sendo estas discutidas a seguir.

3. Métodos

O método empregado para o desenvolvimento do trabalho consiste em um conjunto de etapas que visam analisar os efeitos das deformações neotectônicas na morfologia de superfície na Bacia Potiguar. A coleta de dados estruturais como reativação de falhas, juntas e deformações associadas à sismicidade e às feições no relevo foi feita a partir de dados bibliográficos e em diversas etapas de campo. A interpretação do relevo foi feita a partir do processamento digital de imagens Suttle Radar Topographic Mission (SRTM, 2000) em associação com a análise do último campo de tensões, bem como a análise e mapeamento da drenagem.

Para subsidiar a interpretação geomorfológica foram traçados 08 perfis topográficos na parte central da Bacia Potiguar. Esses perfis, associados aos perfis de poços e aos blocos diagrama, auxiliaram a interpretação do relevo da bacia.

O material cartográfico de base compreendeu as folhas SB-24-X-D-I e SB-24-X-D-II (BEZERRA *et al.*, 2009 e 2010) e as imagens SRTM e ASTER. Este material auxiliou a elaboração do mapa de drenagem, que utilizou como referência de base o Mapa Geológico do Rio Grande do Norte com escala 1:500.000. Os dados da altimetria dos depósitos cretáceos e cenozoicos foram obtidos a partir do trabalho de campo e de perfis litológicos de poços cedidos pela Agência Nacional do Petróleo (ANP).

4. Resultados

No Nordeste Brasileiro os campos de tensões cenozoicos reativaram sistemas de falhas mais antigos em regime compressional. A reativação desses sistemas de falhas tem gerado deformações nas seções rifte e pós-rifte das bacias situadas na margem atlântica nordestina. Especificamente, na Bacia Potiguar, suas amplitudes altimétricas constituem uma importante expressão geomorfológica da deformação da seção pós-rifte. Essa deformação pode ser constatada a partir dos dados de afloramentos e de poços que revelam que os limites entre as unidades litológicas apresentam-se deformados. Na parte central da Bacia Potiguar, a ocorrência de uma topografia disposta na forma de um antiforame dômico sugere a existência de uma feição de inversão na seção pós-rifte, representada principalmente pela Serra do Mel (Figura 1, Área B1). Sobre a Serra do Mel, de acordo

com dados de poços, o limite cretáceo-neógeno situa-se em cotas altimétricas variáveis entre 70 m e -70 m e na Serra de Mossoró (Figura 1, Área C) os dados de campo mostram que essas cotas ultrapassam os 200 m. Esse contato é definido pelo topo da Formação Jandaíra que se situa abaixo do nível do mar na zona litorânea.

As altitudes máximas do topo da Serra do Mel coincidem com as altitudes do topo da Serra de Mossoró cujo o cume atinge 270 m (Figura 03). Essa conformação indica que o topo da seção pós-rifte sobre Serra do Mel pode atingir cotas mais altas do que as evidenciadas em poços nos locais de maior altitude onde seu topo ultrapassa os 270 m. Essas variações da altitude do topo da seção pós-rifte (topo da Formação Jandaíra) podem ter sua origem associada aos processos tectônicos, que possivelmente têm influenciado a evolução geomorfológica da Bacia Potiguar.

Diferente da Serra do Mel, que se encontra capeada por depósitos neogênicos e quaternários, na Serra de Mossoró é possível encontrar seções aflorantes da Formação Jandaíra acima dos 200 m de altitude. Trata-se de um relevo residual sustentado por um topo arenítico da Formação Barreiras que representa um fator de resistência à erosão circunjacente favorecendo a manutenção da topografia. Este topo arenítico encontra-se silicificado (Figura 04), fato que corrobora a hipótese de que Serra de Mossoró resulta de reativação de falhas de idade neogênica, uma vez que o processo de silicificação requer a existência de falhas que possam conduzir fluidos silicosos, sendo sua gênese associada às reativações tectônicas pós-campanianas.

As serras de Mossoró e do Mel confinam os canais dos rios Mossoró e Açu cuja geometria é balizada pela organização morfoestrutural da área, definida por *trends* de lineamentos de direção NE-SW e NW-SE. Esta configuração é evidenciada na morfologia da drenagem regional que é controlada por essas duas elevações de direção NE-SW, com padrão radial. (Figura 05). Na área, a drenagem radial centrífuga dispersa os canais para ambos os flancos da Serra do Mel, no sentido dos fundos dos vales dos rios Mossoró e Açu. Também está impressa no relevo, uma rede de ravinamentos paralelos, orientados em direção perpendicular aos vales fluviais, ocasionando incisão linear e coluvionamento.

A distribuição espacial dos terraços abandonados do rio Açu, mais expressiva a oeste do rio, confere o predomínio de aluviões quaternários nesta porção.

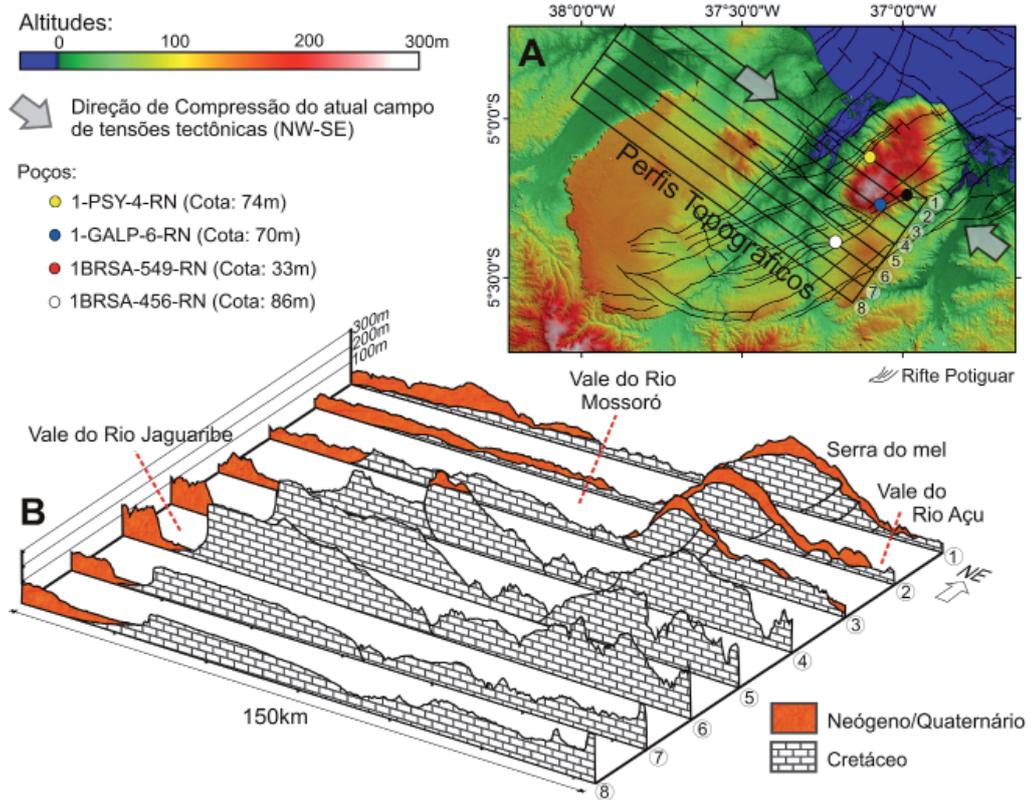


Figura 3 - Perfis geológicos e geomorfológicos NW-SE da Bacia Potiguar. Os pontos coloridos em A representam a localização dos poços e estão identificados na legenda com suas respectivas cotas altimétricas referentes ao topo da seção pós-rifte (Formação Jandaíra). Direções de compressão representadas por setas, segundo Bezerra e Vita Finzi (2000).

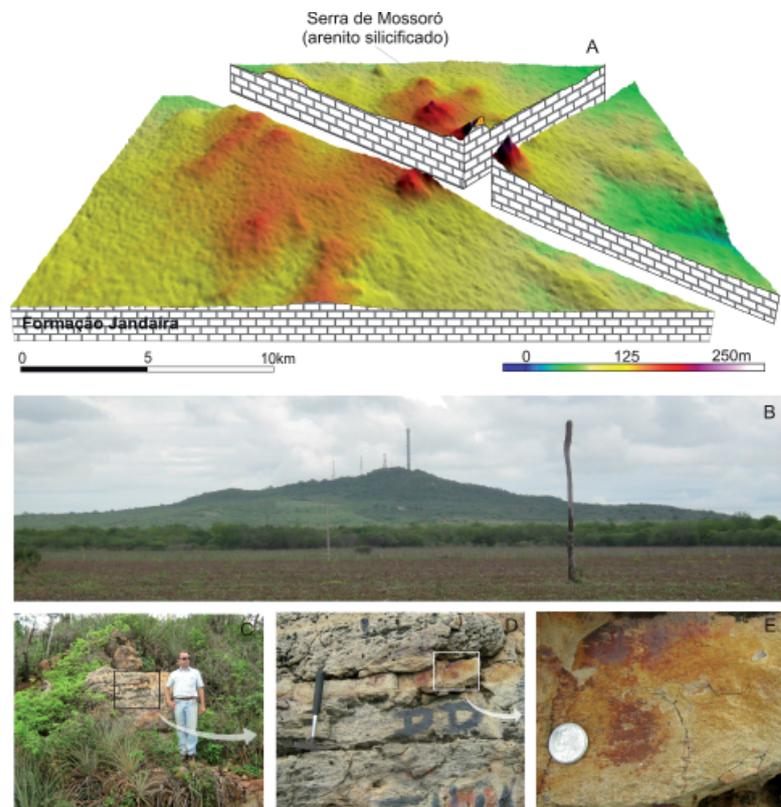


Figura 4 - Serra de Mossoró. A – Bloco Diagrama. B – Foto Panorâmica da Serra de Mossoró. C, D e E – Fotos em seqüência de detalhamento de arenito silicificado do topo da Serra de Mossoró.

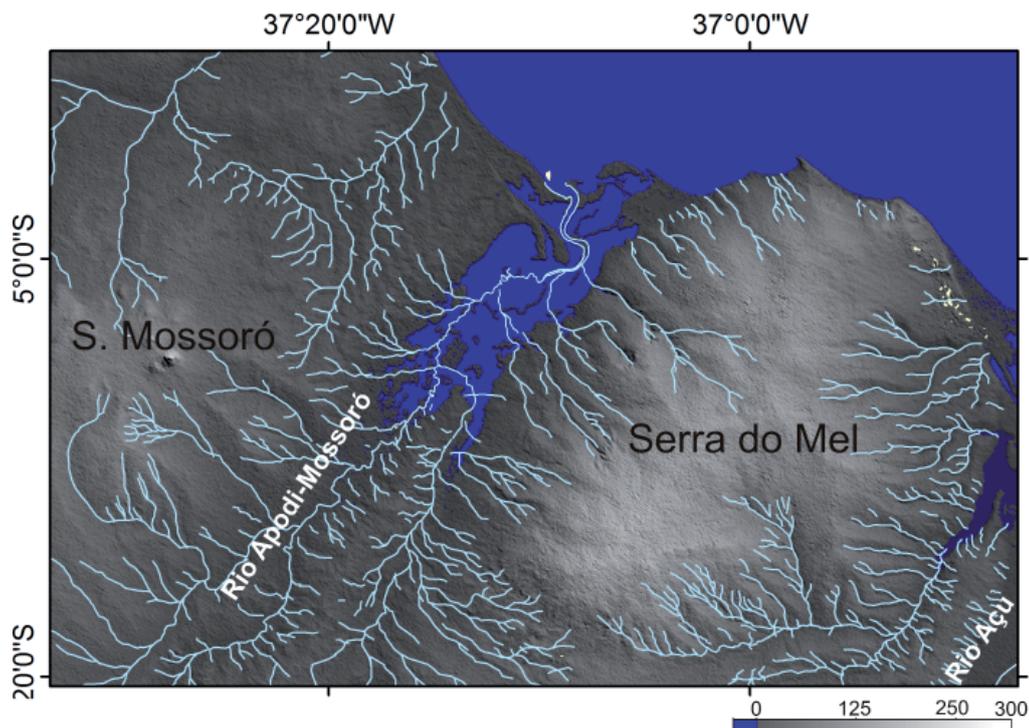


Figura 5 - Drenagem e topografia na parte central da Bacia Potiguar.

A disposição desses sedimentos associados à forma dos canais sugere que a migração dos canais dos rios Mossoró e Açu é diretamente influenciada pelo soerguimento e formação de um antifórme estrutural com eixo de direção NE-SW na parte central da bacia, uma vez que os depósitos antigos desses canais situam-se preferencialmente em sentidos contrários à direção de migração atual. Esses depósitos partem de cotas rebaixadas, a partir das planícies de inundação sazonal dos rios Mossoró e Açu para cotas cada vez mais elevadas em direção ao cume de Serra do Mel. A presença de depósitos aluviais quaternários em cotas que variam do nível de base atual até mais de 200 m na Serra do Mel, constitui um importante marcador cronoestratigráfico para a neotectônica na área de estudo. Nesse aspecto, a formação de um antifórme dômico no centro da bacia originou um proeminente interflúvio que dispersou os canais dos rios Mossoró e Açu que migraram em sentidos opostos. O soerguimento da área elevou os aluviões antigos para cotas sucessivamente mais altas a medida que se afasta da área das planícies de inundação sazonal de seus respectivos rios (Figura 06).

Além da formação de um antifórme dômico que individualiza as drenagens principais dos rios Mossoró e Açu, a formação de interflúvios também de direção NE-SW ocorre na base de ambos os lados de Serra do Mel. Esses interflúvios apresentam características

semelhantes, uma vez que estão associados ao mesmo contexto tectônico (Figura 07). Sobre a formação desses interflúvios em ambientes tectonicamente ativos, Jackson *et al.* (1996) propuseram que a drenagem, nesses casos pode demonstrar os efeitos da deformação em superfície gerada pela reativação de falhas em regime compressional (Figura 07, Item B).

Esse regime compressional, atuante desde o Mioceno é caracterizado por tensões principais de direção (σ_1) E-W e NW-SE. Essas tensões são compatíveis com o desenvolvimento de antifórmes NE-SW que na área são expressos na forma de um domo central de direção NE-SW (Serra do Mel) e interflúvios em seus limites laterais com a mesma direção. Esses interflúvios controlam os canais de 3ª e 3ª ordens e podem resultar de deformações de menor expressão, adequando-se ao modelo sugerido por Jackson *et al.* (1996) para bacias compressionais. Nesse modelo a reativação de falhas normais em regimes compressivos é responsável pela formação de sobressaltos topográficos, sejam na forma de domos ou na forma de interflúvios. Assim, é importante destacar que a formação de relevos estruturais onde há sedimentação fluvial, será condicionada aos baixos topográficos. Já os altos formados a partir dos esforços compressivos, podem elevar para cotas mais altas, antigos depósitos fluviais que passam a ser importantes indicadores dos mecanismos forçadores da

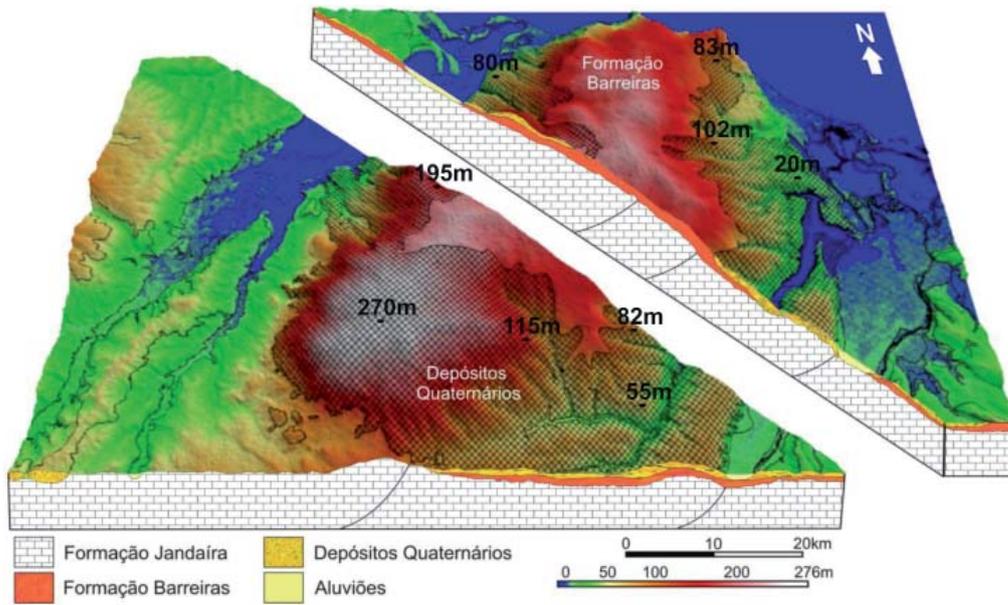


Figura 6 - Distribuição dos depósitos neogênicos (Formação Barreiras) e quaternários em Serra do Mel. A área em hachura representa os paleodepósitos fluviais dos rios Mossoró e Açú situados em cotas superiores ao nível de base atual.

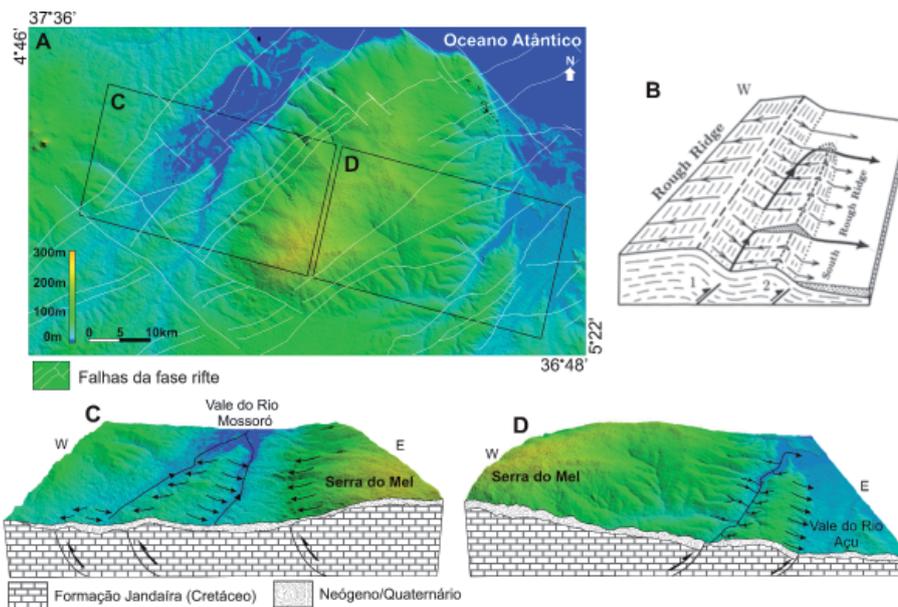


Figura 7 - Modelo de formação dos antiformes NE-SW na parte central da Bacia Potiguar. A – Localização da área. B – Modelo deformacional a partir de reativação de falhas em ambiente compressional segundo Jackson et al. (1996). C e D – Blocos diagrama dos interflúvios e da organização da drenagem nos vales dos rios Mossoró e Açú respectivamente.

evolução e da migração dos canais como resposta ao soerguimento.

Na parte litorânea, ao norte de Serra do Mel, a expressão geomorfológica do seu soerguimento está expressa na fisiografia da linha de costa que avança em relação a área circunvizinha, cerca de 10 km no oceano na direção N – NE. Nesse setor as falésias na

Formação Barreiras atingem 100 m de altitude a menos de 500 m da praia. Esta cota altimétrica, para as falésias da Formação Barreiras na linha de costa, não apresenta exemplo similar na margem atlântica equatorial nordestina (Figura 08).

Conforme perfil P1 (Figura 09), a cota 100 m é alcançada em alguns pontos a menos de 500 m da linha



Figura 8 - Falésia na Formação Barreiras ao norte de Serra do Mel.

de costa. A partir desta cota, inicia-se uma rampa menos íngreme em direção ao topo de Serra do Mel, atingindo 200 m de altitude a aproximadamente 12 km da linha de costa. A essa distância da linha de costa, para a margem atlântica setentrional nordestina, as altitudes médias variam entre 30 e 60 m.

Nos detalhes B1 e B2 (Figura 09) os lineamentos NW-SE assumem importante papel no controle da fisiografia da linha de costa disposta em dois segmentos também de direção NW-SE. Nesse setor as falésias da Formação Barreiras são sulcadas por pequenos vales incisos de igual direção. Dessa forma, a fisiografia da linha de costa associada à disposição das falésias e à direção dos vales que a dissecam constituem a expressão geomorfológica dos lineamentos NW-SE da porção costeira de Serra do Mel.

Essa conformação entre tectônica, lineamentos estruturais e geomorfologia também foi descrita na Bacia do Paraíba por Rossetti *et al.* (2011), onde as quebras topográficas estão relacionados com escarpas de falha, que normalmente se apresentam dissecadas e limitam vales fluviais. Entre estes horsts soerguidos formam tabuleiros, que correspondem as falésias de até 50 m ao longo da costa (ROSSETTI *et al.*, 2013).

Dessa forma, a parte central da Bacia Potiguar pode ser definida em termos de relevo como dois antiformes de direção NE-SW que individualizam vales

da mesma direção. Entre os antiformes, representados pelas Serras de Mossoró e do Mel e os vales, as topografias apresentam amplitudes que atingem 270 m. Essas amplitudes são ainda maiores quando se considera o topo da seção pós-rifte, uma vez que dados de poços indicam ocorrência em cotas de até -70 m e dados de afloramento, a ocorrência até 250 m. Essas amplitudes topográficas na seção pós-rifte evidenciam uma feição de inversão de bacia, resultante da reativação de falhas a partir da mudança do campo de tensões.

5. Discussões

Segundo Lugt *et al.* (2003) a inversão de uma bacia sedimentar ocorre quando falhas extensionais são invertidas para falhas reversas uma vez que se muda o sentido dos esforços. Nesse aspecto, a maioria das pesquisas sobre inversão tectônica concentra-se nos casos em que as direções de extensão e de compressão são semelhantes e perpendiculares a orientação das falhas extensionais (QUINTANA *et al.*, 2006). Um dos possíveis efeitos de uma inversão tectônica se dá a partir do desenvolvimento de antiformes dômicos derivados da deformação da seção rifte e/ou pós-rifte de uma bacia (WILLIAMS *et al.*, 1989 e DORE *et al.*, 2008) (Figura 10).

A partir da proposição de modelos deformacionais resultantes da reativação de falhas extensionais em

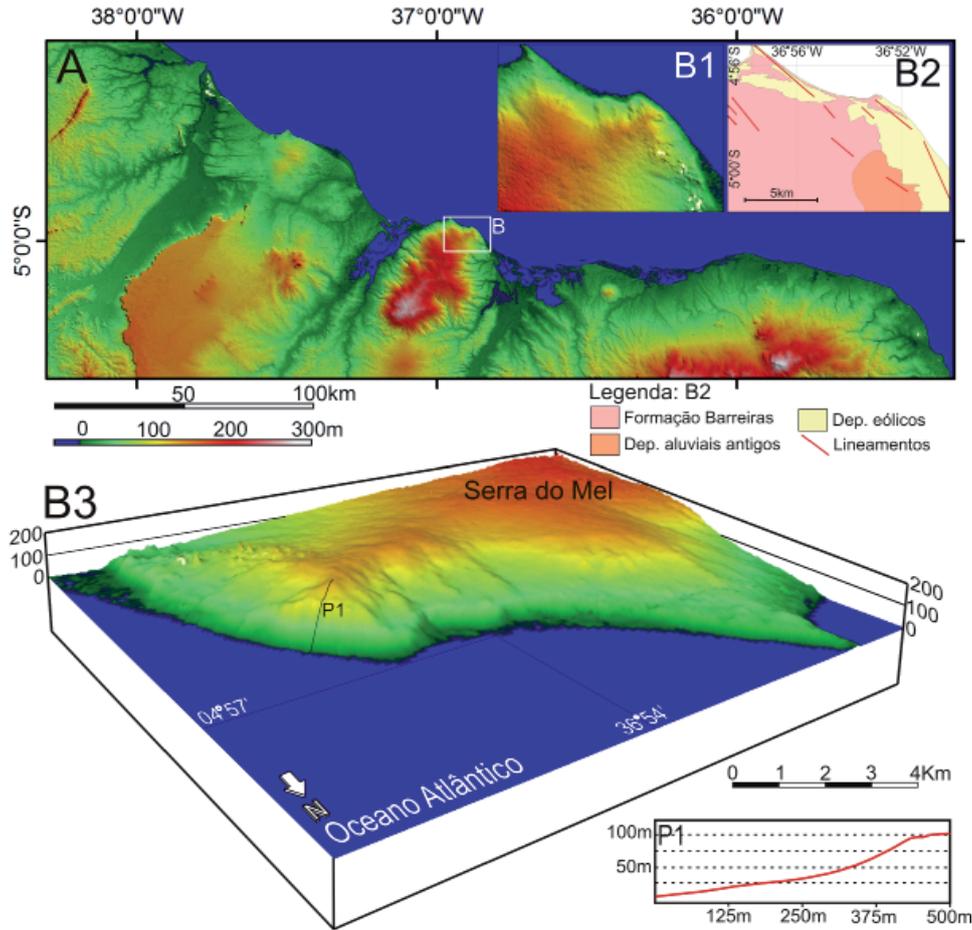


Figura 9 - Topografia da margem equatorial do Rio Grande do Norte e extremo leste do Ceará. B – Localização do setor NE da Serra do Mel, B1 – MDT em detalhe, B2 – Mapa Geológico com Lineamentos e B3 – Bloco diagrama da porção litorânea de Serra do Mel.

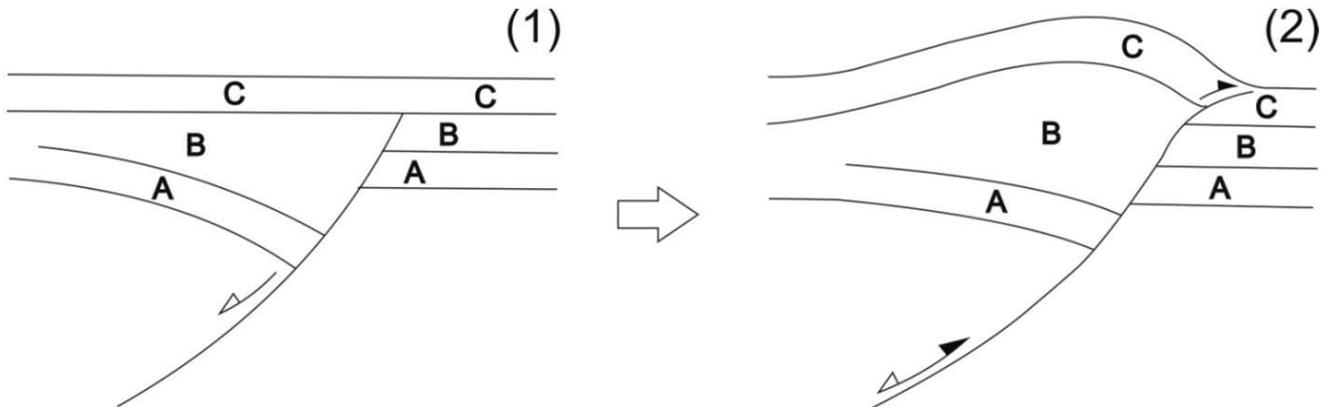


Figura 10 - Modelo de inversão segundo Williams et al. (1989): (1) Representa o estágio pré-inversão e (2) a reativação da falha normal de regime distensivo em inversa de regime compressivo. A – Sequência pré-rifte, B – Sequência sin-rifte, C – Sequência pós-rifte.

regime compressional em escala de laboratório (caixa de areia), verificou-se que o desenvolvimento de estruturas compressionais do tipo inversão de bacia, são controladas por falhas pré-existentes e que essas falhas originárias de um regime extensional são reativadas

invariavelmente durante a compressão (VENTISETTE et al., 2006). Estruturas como estas, foram descritas por meio de sismoestratigrafia na bacia Salar de Atacama, Nordeste do Chile por Muñoz et al. (2002) na forma de anticlinais assimétricos resultantes da compressão

cretácea.

Na Bacia Potiguar a sequência de eventos compressivos teve início após a etapa distensional formadora da bacia no Cretáceo. Neste caso, a inversão tectônica estaria associada a componentes compressivos, de direção NNW-SSE, em consequência a um cisalhamento dextral de direção WNW, regional, relacionado ao início do rifteamento da Margem Equatorial (BORGES, 1993).

Na porção central da Bacia Potiguar estudos recentes têm revelado feições indicativas de reativações e inversões tectônicas das principais falhas normais do rifte, envolvendo desde o embasamento até a seção pós-rifte, afetando inclusive as coberturas neogênicas da Formação Barreiras (PESSOA NETO *et al.*, 2008). Nesse setor, a evolução geomorfológica está relacionada a uma possível inversão de bacia resultante dos efeitos das tensões compressivas atuais (σ_1) direção NW-SE na Bacia Potiguar desde o Mioceno (SOUZA e BEZERRA, 2005). Esta inversão é caracterizada por um domo (Serra do Mel), alongado na direção NE-SW e limitado a NE pela faixa costeira, a SW por zonas de falhas de direção NW-SE, a SE pelo vale do rio Açu e a NW, W e SW pelo vale do rio Mossoró.

Trabalhos envolvendo o mapeamento sísmico e análise estrutural de áreas situadas sobre o *trend* estrutural das principais falhas da fase rifte na Bacia Potiguar revelaram feições estruturais e estratigráficas que permitiram a identificação de três pulsos de inversão tectônica com campos de tensão distintos. O primeiro evento (1), cujo S_{hmax} é NW-SE, tem idade valanginiana e deforma a porção basal da seção lacustre (sedimentação da fase rifte - Formação Pendência). Um segundo evento (2), de idade neoptiana e coaxial com o primeiro evento, reativou obliquamente as falhas normais da fase rifte em regime inverso e dobrou a seção transicional (Formação Alagamar). E um terceiro pulso (3), de idade pós-campaniana e S_{hmax} aproximadamente N-S, dobrou regionalmente a seção pós-rifte (Formações Açu e Jandaíra), reativou falhas normais da fase rifte e formou falhas reversas NE-SW de ângulo mais baixo envolvendo o embasamento. Dados de afloramentos da Formação Barreiras e da Formação Açu revelaram a existência de um quarto evento (4) pós-miocênico de inversão tectônica (PESSOA NETO *et al.*, 2008).

Os dois últimos desses eventos (terceiro e quarto

pulso) são responsáveis pelas deformações na fase pós-rifte da Bacia Potiguar. Essas deformações são caracterizadas por deslocamentos verticais que resultaram em uma variação que pode ultrapassar os 300 m do limite Cretáceo-Neógeno. Esses deslocamentos resultaram na formação de antiformes e sinformes que encaixaram os vales e estão expressos em superfície na forma das elevações estruturais (Serra do Mel e Serra de Mossoró) e baixos estruturais (vale do rio Mossoró e vale do rio Açu) todos de direção NE-SW (Figura 11). Esta compressão originou na seção pós-rifte uma deformação do tipo antiforme com altitudes máximas situadas a mais de 50 m acima da cota eustática máxima pós-cenomaniana (HAQ *et al.*, 1987). Contudo, a análise dessas cotas precisa considerar a flexura geral da Margem Atlântica no Cenozoico, pois assim como o topo da seção pós-rifte encontra-se acima dos 200 m na Serra de Mossoró, situa-se abaixo do nível do mar no litoral.

A influência dessas variações nas cotas altimétricas da seção pós-rifte no relevo se dá na formação de altos estruturais e baixos topográficos, ambos de direção NE-SW. Nas depressões entre os antiformes, formam-se os vales de direção NE-SW. Esses vales correspondem a calhas topográficas que encaixam a rede de drenagem e formam as baixas planícies fluviais da margem equatorial atlântica. Esse condicionamento estrutural exerce influência sobre a sedimentação quaternária originando planícies confinadas de direção NE-SW. Em termos altimétricos a representação desses baixos estruturais é expressa na forma de depressões situadas ao nível do mar. Para o vale do rio Mossoró, a cota 0 m penetra até cerca de 30 km no interior do continente e no vale do rio Açu até 8km.

Os padrões de deformação estrutural têm direção principal NE-SW, condicionando os principais vales e formando e formando canais alinhados conforme as direções das falhas. Essas falhas afetam coberturas neogênicas e quaternárias, na forma de deformações em sedimentos incoesos e anomalias de drenagem. Exemplos dessas anomalias são encontrados nos canais principais dos rios, especificamente nos trechos onde os mesmos atravessam zonas de falhas ativas. O controle estrutural da drenagem se dá pelo condicionamento dos canais principais segundo as falhas NE-SW, enquanto as falhas NW-SE controlam os canais de 1ª e 2ª ordens.

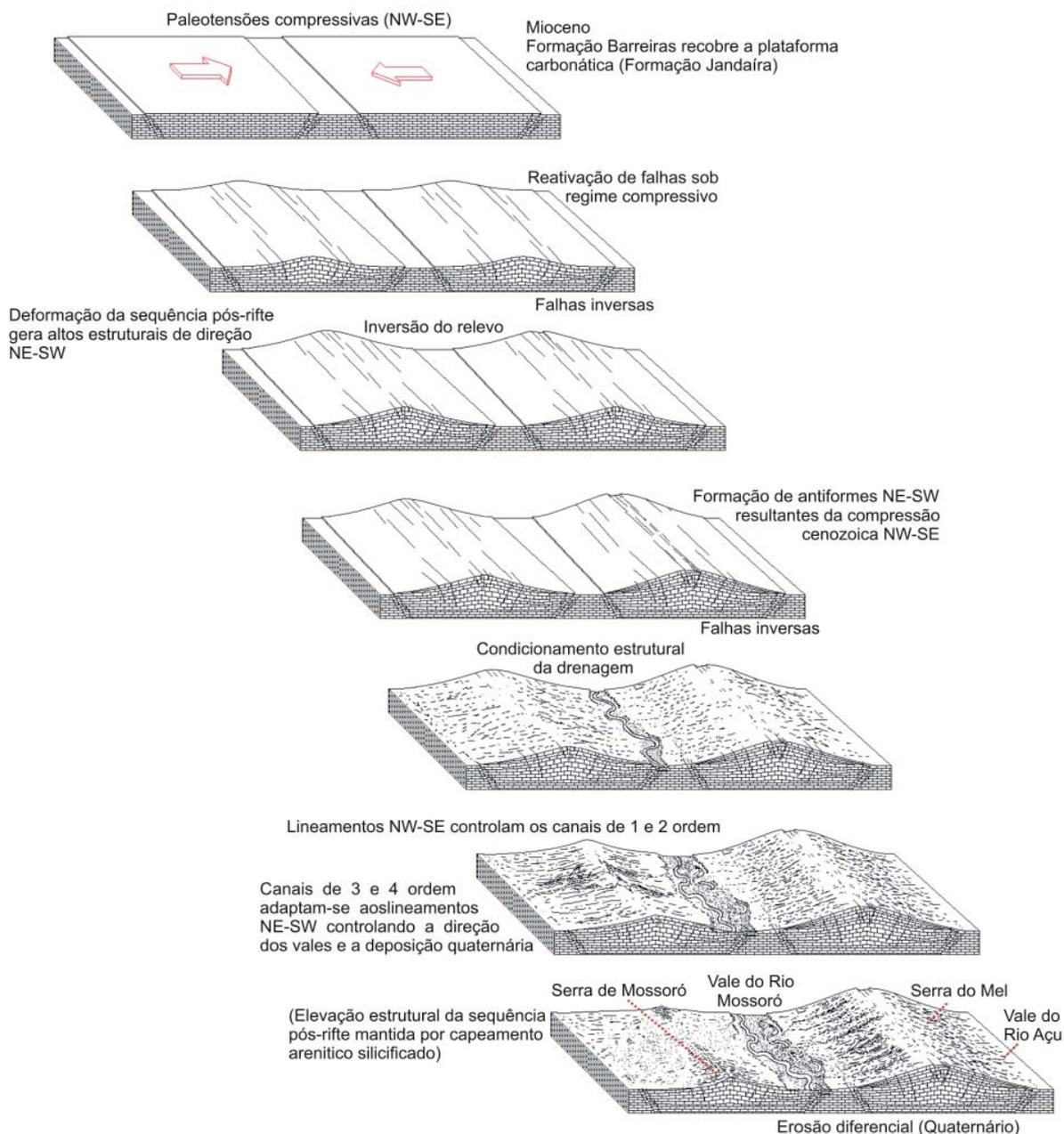


Figura 11 - Modelo de evolução geomorfológica baseado na deformação da seção pós-rifte resultante da compressão cenozoica.

6. Conclusões

O conjunto de dados bibliográficos sobre reativação cenozoica na Bacia Potiguar, e sobre o contexto morfotectônico de bacias compressoriais, associados aos dados geomorfológicos obtidos em campo e por sensoriamento remoto, permitiram propor que o soerguimento da Bacia Potiguar e a formação de estruturas dômicas em sua porção central podem ter ocorrido como

resposta à compressão (σ_1) E-W e NW-SE miocênica-quaternária.

Essa compressão, resultante do atual campo de tensões σ_1 com direção NW-SE da margem equatorial atlântica brasileira reativou falhas originalmente normais sobre regime compressivo, criando dessa forma a sequência de elevações de direção NE, demarcadas pelas Serras do Mel, de Mossoró e pelas cristas que demarcam interflúvios lineares. Especificamente a

Serra do Mel preserva ainda a cobertura sedimentar do evento de sedimentação Quaternária que constitui um importante balizador da idade mínima do soerguimento, neste caso o pleistoceno tardio. Entretanto, a Serra de Mossoró compõe uma elevação residual, resultante de um soerguimento mais antigo, sustentada por um topo arenítico silicificado e, portanto, resistente à erosão diferencial, que a manteve como sobressalto topográfico no centro da bacia.

Para a área de estudo, esses sobressaltos, sejam na forma dômica ou já arrasados parcialmente pela erosão, foram interpretados como feições de inversão e são reconhecidas a partir da sua caracterização notoriamente orientada segundo o *trend* NE-SW. Essa direção de falhamento compõe a principal direção estrutural da área de estudo, afetando o embasamento pré-cambriano, que por sua vez definiu a direção do rifte Potiguar no Cretáceo. Posteriormente, os eventos de reativação pós-rifte reativaram sistemas de falhas mais antigos e deformaram as sequências sedimentares do Cretáceo e do Cenozoico incluindo o Quaternário.

Referências Bibliográficas

- ASCIONE, A.; ROMANO, P. Vertical movements on the eastern margin of the Tyrrhenian extensional basin. New data from Mt. Bulgheria (Southern Apennines, Italy). **Tectonophysics**, v. 315, n. 1, p. 337–356, 31, 1999.
- BEZERRA, F. H. R.; DO NASCIMENTO, A. F.; FERREIRA, J. M.; NOGUEIRA, F. C. , FUCK, R. A.; NEVES, B. B. B.; SOUSA, M. O.L. Review of active faults in the Borborema Province, Intraplate South America Integration of seismological and paleoseismological data. **Tectonophysics** (Amsterdam), 510, 269-290, 2011.
- BEZERRA, F. H. R.; SRIVASTAVA, N.; SOUZA M. O. L.; **Mapeamento Geológico Regional: Folha Mossoró: SB-24-X-D-I (1:100.000) CPRM, Natal, RN, 2010.**
- BEZERRA, F. H. R.; AMARAL, R. F.; SILVA, F. O.; SOUZA, M. O. L.; FONSECA V. P, VIEIRA M. M.; MOURA-LIMA E. M.; AQUINO M. R.; **Mapeamento Geológico Regional: Folhas Macau: SB-24-X-D-II (1:100.000) CPRM, Natal, RN, 2009.**
- BEZERRA, F. H. R.; NEVES, B. B. B.; CORREA, A. C. B.; BARRETO, A. M. F.; SUGUIO, K. Late Pleistocene tectonic-geomorphological development within a passive margin - the Cariatá trough, northeastern Brazil. **Geomorphology**, v. 01, p. 555-582, 2008.
- BEZERRA, F. H. R.; AMARO, V. E.; VITAFINZI, C.; SAADI, A. Pliocene-Quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 14, p. 61-75, 2001.
- BEZERRA, F. H. R.; VITA-FINZI, C. How active is a passive margin? Paleoseismicity in Northeastern Brasil. **Geology**, v. 28, p. 591-594, 2000.
- BORGES, W. R. E. **Caracterização estrutural da porção sudoeste do Rift Potiguar, Brasil.** 1993. 146 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 1993.
- CIPOLLARI, A. P.; DOMENICO COSENTINO, A.; ELSA GLIOZZI. Extension- and compression-related basins in central Italy during the MessinianLago-Mare event. **Tectonophysics**, v. 315, p. 163–185, 31 dec. 1999.
- CREMONINI, O. A.; KRANER, G. D. Reativação mesozóica da Bacia Potiguar. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 6., 1995, Natal. **Anais do VI Simpósio de Geologia do Nordeste**, Natal, p. 181-184, 1995.
- DE CASTRO, D. L., BEZERRA, F. H. R. , SOUSA, M. O.L., FUCK, R. A., **Influence of Neoproterozoic tectonic fabric on the origin of the Potiguar Basin, northeastern Brazil and its links with West Africa based on gravity and magnetic data.** Journal of Geodynamics, 54, 2012.
- DORE, A. G.; LUNDIN, E. R.; KUSZNIR, N. J.; PASCAL, C. **Potential mechanisms for the genesis of Cenozoic domal structures on the NE Atlantic margin: pros, cons and some new ideas.** In: The Nature and Origin of Compression in Passive Margins. Geological Society, London, Special Publications, 2008.
- HAQ, B. U.; HARDEBBOL. J.; VAIL, P. R. Chronology of fluctuating sea levels since the triassic. **Science**, 235, p. 1115-1166, 1987.
- JACKSON, J., NORRIS, R., YOUNGSON, J. The structural evolution of active fault and food system in central Otago, New Zealand: evidence revealed by drainage patterns: Journal: **Structural Geology**. 18, 217-34, 1996.
- LIMA, M, I, C. **Análise da drenagem e seu significado Geológico-Geomorfológico**, Cd Room, texto em formato digital, arquivo PDF, Belém, 2002.
- LUGT, I. R.; WEES, J. D.; WONG, T. H. The tectonic evolution of the southern Dutch North Sea during the Palaeogene: basin inversion in distinct pulses. **Tectonophysics**, v. 373, p. 141– 159, 25 sept. 2003.

- MAIA, R. P.; **Geomorfologia e Neotectônica no Vale do Rio Apodi-Mossoró NE/Brasil**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica. PPGG – UFRN. Natal, RN, 2012.
- MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R.; Geomorfologia e neotectônica da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró NE/Brasil. **Mercator** (Fortaleza. Online), v. 11, p. 209-228, 2012.
- MAIA, R. P.; SOUZA, M. O. L.; BEZERRA, F. H. R.; XAVIER NETO, P.; MOURA-LIMA E. M.; NASCIMENTO, C. C.; SANTOS, R. D. A importância do controle tectônico para a formação do relevo cárstico na Bacia Potiguar - Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 2012.
- MATOS, R. M. D. The Northeast Brazilian Rift System. **Tectonics**. 11 (4): 766-791, 1992.
- MOURA-LIMA, E. N.; SOUSA, M. O. L.; BEZERRA, F. H. R.; AQUINO, M. R.; VIEIRA, M. M.; LIMA-FILHO, F. P.; FONSECA, V. P.; AMARAL, R. F. Sedimentação e deformação Tectônica cenozoicas na porção central da Bacia Potiguar. **Geologia USP: Série Científica**, v. 10, n. 1, p. 15-28, mar. 2010.
- MUÑOZ, N.; CHARRIER, N.; JORDAN, T. Interactions between basement and cover during the evolution of the Salar de Atacama Basin, northern Chile. **Revista Geológica do Chile, Santiago**, v. 29, n. 1, p. 55-80, July 2002.
- NÓBREGA, M. A., SA, J. M., BEZERRA, F. H. R., HADLER NETO, J. C., IUNES, P. J., OLIVEIRA, S. G., SAENZ, C. A. T., LIMA FILHO, F. P., **The use of apatite fission track thermochronology to constrain fault movements and sedimentary basin evolution in northeastern Brazil**. Radiation Measurements, Amsterdam, 39, 2005.
- NOGUEIRA, F. C.; BEZERRA, F. H. R.; FUCK, R. A. Quaternary fault kinematics and chronology in intraplate northeastern Brazil. **Journal of Geodynamics**, v. 49, p. 79-91, 2010.
- PESSOA NETO, O. C.; LIMA, C.; BEZERRA, F. H. R. **Papel das Inversões Tectônicas na Formação de Estruturas na Bacia Potiguar**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 44., 2008, Curitiba. Anais do 44º Congresso Brasileiro de Geologia, Curitiba, 2008. CD-Rom.
- PESSOA NETO, O. C.; SOARES, U. M.; SILVA, J. G. F.; ROESNER, E. H.; FLORENCIO, C. P.; SOUZA, C. A. V. **Bacia Potiguar**. Boletim Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, 2007.
- QUINTANA, Q.; ALONSO, J. L.; PULGAR, J.; FERNANDEZ, L. R. R. Transpressional inversion in an extensional transfer zone (the Saltacaballo fault, northern Spain). **Journal of Structural Geology**, v. 28, p. 2038-2048, 2006.
- REIS, A. F. C.; BEZERRA, F. H. R.; FERREIRA, J. M.; DO NASCIMENTO, A. F.; LIMA, CLÁUDIO, C. **Stress magnitude and orientation in the Potiguar Basin, Brazil: Implications on faulting style and reactivation**. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, v. 1, p. n/a-n/a, 2013.
- ROSSETTI, D. F.; BEZERRA, F. H.; GÓES, A. M.; VALERIANO, M. M.; ANDRADES-FILHO, C. O.; MITTANI, J. C. R.; TATUMI, S. H.; BRITO-NEVES, B. B. Late Quaternary sedimentation in the Paraíba Basin, Northeastern Brazil: landform, sea level and tectonics in Eastern South America passive margin. **Palaeogeography Palaeoclimatology, Palaeoecology**. 300: 191–204, 2011.
- ROSSETTI, D. F.; BEZERRA, F. H. R.; DOMINGUEZ, J. M. L. **Late Oligocene-Miocene transgressions along the equatorial and eastern margins of Brazil**. Accepted for publication: Earth Science Reviews, 2013.
- SOUSA, M. O. L.; BEZERRA, F. H. R. As tensões Tectônicas Campanianas-Cenozoicas na Bacia Potiguar, Brasil. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 21., 2005, Recife. **Anais do XXI Simpósio de Geologia do Nordeste**, Recife: SBG, 2005, p. 329-330, 2005.
- TURNER, J. P.; WILLIAMS, G. A. Sedimentary basin inversion and intra-plate shortening. **Earth Sciences Reviews**, v. 65, p. 277-304, 2004.
- UNDERHILL, J. R.; PATERSON, S. Genesis of tectonic inversion structures: seismic evidence for the development of key structures along the Purbeck–Isle of Wight Disturbance. **Journal of the Geological Society**, London, v. 155, p. 975-992, 1998.
- VENTISETTE, C. D.; MONTANARI, D.; SANI, F.; BONINI, M. Basin inversion and fault reactivation in laboratory experiments. **Journal of Structural Geology**, v. 28, p. 2067- 2083, 2006.
- WILLIAMS, G. D.; POWELL, C. M.; COOPER, M. A. Geometry and kinematics of inversion tectonics. **Geological Society**, London, Special Publications 1989, v. 44, p. 3-15, 1989.
- ZANCHI, A.; BERRA, F.; MATTEI, M.; GHASSEMI, M. R.; SABOURI, J. Inversion tectonics in central Alborz, Iran. **Journal of Structural Geology**, v. 28, p. 2023 -2037, 2006.