

CONDICIONAMENTO ESTRUTURAL DO RELEVO NO NORDESTE SETENTRIONAL BRASILEIRO

conditioning structural of relief in Northeast Brazilian

Rubson P. Maia *

Francisco H. R. Bezerra **

Resumo

O presente trabalho fará uma análise acerca do condicionamento morfoestrutural do relevo no Nordeste setentrional brasileiro com ênfase no papel exercido pelas estruturas de deformação rúpteis e dúcteis do embasamento cristalino pré-cambriano. Para tanto, o enfoque analítico proposto abordará a relação entre estruturas tectônicas e relevo e como os processos de denudação continental tem evidenciado essas estruturas por meio da erosão diferencial e tectônica. Nesse aspecto, a exumação em zonas de deformação de direção NE-SW e E-W origina trends de lineamentos que confinam os canais de drenagem orientando a dissecação e por vezes a aggradação fluvial. Isso resulta em sequencias de cristas e vales que confinam os canais de escoamento, passando esses a serem indicadores dos planos de deformação. Esse contexto estende-se para os ambientes sedimentares na forma de controle sobre a dissecação que passa a ocorrer orientada segundo os planos de falhas, formando vales encaixados que constituem a expressão geomorfológica da reativação frágil de zonas de cisalhamento transcorrentes nas unidades paleozoicas, mesozoicas e cenozoicas.

Palavras-chave: Geomorfologia; Nordeste; Tectônica.

Abstract

This paper presents a review about the morphostructural control played by brittle and ductile basement structures on the relief in northeastern Brazil. Our study indicates that continental denudation have been controlled by both differential erosion and tectonics. In this aspect, the exhumation along NE-SW and E-W striking shear zones originates lineaments, which confine the drainage channels and guide the dissection and sometimes fluvial aggradation. This process results in ridges and valleys that control the flow channels, which become indicators of shear zones and faults. This process is also observed in sedimentary basins, where dissection along fault zones form tectonic valleys that constitute the geomorphic expression of the fault reactivation.

Key words: Geomorphology; Northeastern Brazil; Morphotectonics.

Resumen

Este artículo examinará el condicionamiento morfo estructural de la topografía en el noreste septentrional de Brasil, con énfasis en el papel desempeñado por las estructuras de deformación frágil y dúctil del basamento cristalino precámbrico. Por lo tanto, el enfoque analítico propuesto abordará la relación entre las estructuras tectónicas y la topografía y cómo los procesos de denudación continental ha demostrado estas estructuras por la erosión diferencial. A este respecto, la exhumación en las zonas de deformación en el NE-SW y E-W origina trends de lineamientos bordeando canales de drenaje que guían la disección y aggradação fluvial. Esto da lugar a secuencias de crestas y valles que confinan los canales de flujo, que pasan a ser indicadores de los planos de deformación. Este contexto se extiende a los ambientes sedimentarios en forma de control sobre la disección que ocurre orientado a lo largo de los planos de falla, formando valles que constituyen la expresión geomorfológica de reactivación frágil de las zonas de cizalla transcurrentes en las unidades del Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico.

Palabras clave: Geomorfología; Nordeste; Tectónica.

(*) Prof. Dr. do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará - Campus do Pici, Bloco 911, CEP: 60455-760, Fortaleza (CE), Brasil. Tel/Fax: (+55 85) 3366 9855 / 3366 9864 - rubsonpinheiro@yahoo.com.br

(**) Bolsista Produtividade do CNPq e Prof. Dr. do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Av. Senador Salgado Filho, CEP: 59.072-970, Natal (RN), Brasil. Tel: (+55 84) 3215 3807 - bezerrafh@geologia.ufrn.br

INTRODUÇÃO

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. Em termos genéticos essa estruturação se inicia a partir da orogênese Brasiliana no Neoproterozóico (BRITO NEVES, 1999) e na Tectônica Cretácea que culminou com a separação do megacontinente Pangea (PEULVAST E CLAUDINO SALES, 2003). A orogenia brasiliana foi responsável pela geração de extensas zonas de cisalhamento de direção predominantemente NE-SW e E-W. Essas zonas de cisalhamento foram reativadas de forma rúptil no cretáceo originando trends de falhamentos também de direção NE-SW e E-W. (CASTRO et al., 2008, 2012). Sobre a morfologia, as zonas de cisalhamento exercem importante controle nas feições que incluem os maciços estruturais, cristas lineares e vales incisos compondo altos e baixos topográficos orientados segundo a direção dos trends estruturais. Classicamente, Ab' Sáber e Bigarella (1961), Bigarella (1994, 2003), Andrade e Lins (1965), Mabessone e Castro (1975), interpretaram essa morfologia como resultante de sucessivos ciclos de aplainamentos induzidos por rebaixamentos do nível de base, e estes por sua vez derivados de processos epirogênicos pós-cretáceos (MAIA et al., 2010). Tais trabalhos forneceram importantes subsídios para a compreensão da evolução geomorfológica de ênfase morfoclimática. Contudo, estes trabalhos não consideraram os efeitos das deformações da crosta profunda e a exumação de zonas de cisalhamento dúcteis na morfologia de superfície. Dessa forma o papel da tectônica no processo de evolução do relevo, constitui um fator indispensável de análise evolutiva, sobretudo em áreas de tectônica recorrente como a fachada atlântica setentrional nordestina.

Nessa perspectiva, buscando analisar o papel da morfotectônica na gênese e evolução do relevo do Nordeste setentrional brasileiro, o presente artigo faz uma análise acerca da configuração do modelado em escala regional com ênfase nas estruturas evidenciadas, sobretudo pela exumação de zonas de cisalhamento transcorrentes pré-cambrianas. Para tanto será proposto uma macrocompartimentação do relevo, distinção esta realizada a partir da evolução geomorfológica de cada unidade morfoestrutural, assim como serão descritas as características do relevo atual e sua associação com os aspectos morfodinâmicos cenozoicos.

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA

A área de estudo deste trabalho compreende o setor setentrional do Nordeste do Brasil, compondo o domínio oriental do maciço da Borborema. Esta área é caracterizada por relevos desenvolvidos em litotipos variados, com destaque para as Bacias paleozoicas e mesozoicas, os maciços cristalinos e as depressões sertanejas, todos com padrões de dissecção orientados segundo as direções das principais zonas de cisalhamento transcorrentes (Figura 1). As altitudes variam de 0 a 200m na faixa costeira aumentando suas amplitudes em direção ao interior, onde podem ultrapassar os 1.000m no topo dos maciços mais elevados.

A Província Borborema compreende uma área do Nordeste setentrional situada a leste da Bacia Parnaíba e ao norte do cráton São Francisco (ALMEIDA et al., 2000) e é caracterizada por terrenos de diferentes litologias separados por falhas e lineamentos (Brito Neves et al., 2000) de direção predominante NE-SW e E-W (VAUCHES et al., 1995). A Província Borborema é composta por vários terrenos arqueanos e proterozóicos agrupando litologias metamórficas e ígneas. Sobre este substrato pré-cambriano ocorrem diversas bacias sedimentares paleozoicas e cretáceas.

A orogenia Brasiliana foi responsável, entre 750 e 540 Ma, pela amalgamação final de Gondwana ocidental (ARTHAUD, 2007). No final desta orogenia, os diferentes blocos crustais parecem ter sido soerguidos variavelmente ao longo dos lineamentos principais seja como resultado de reativações das extensas zonas de cisalhamento em caráter dúctil-rúptil seja associado a reajustes



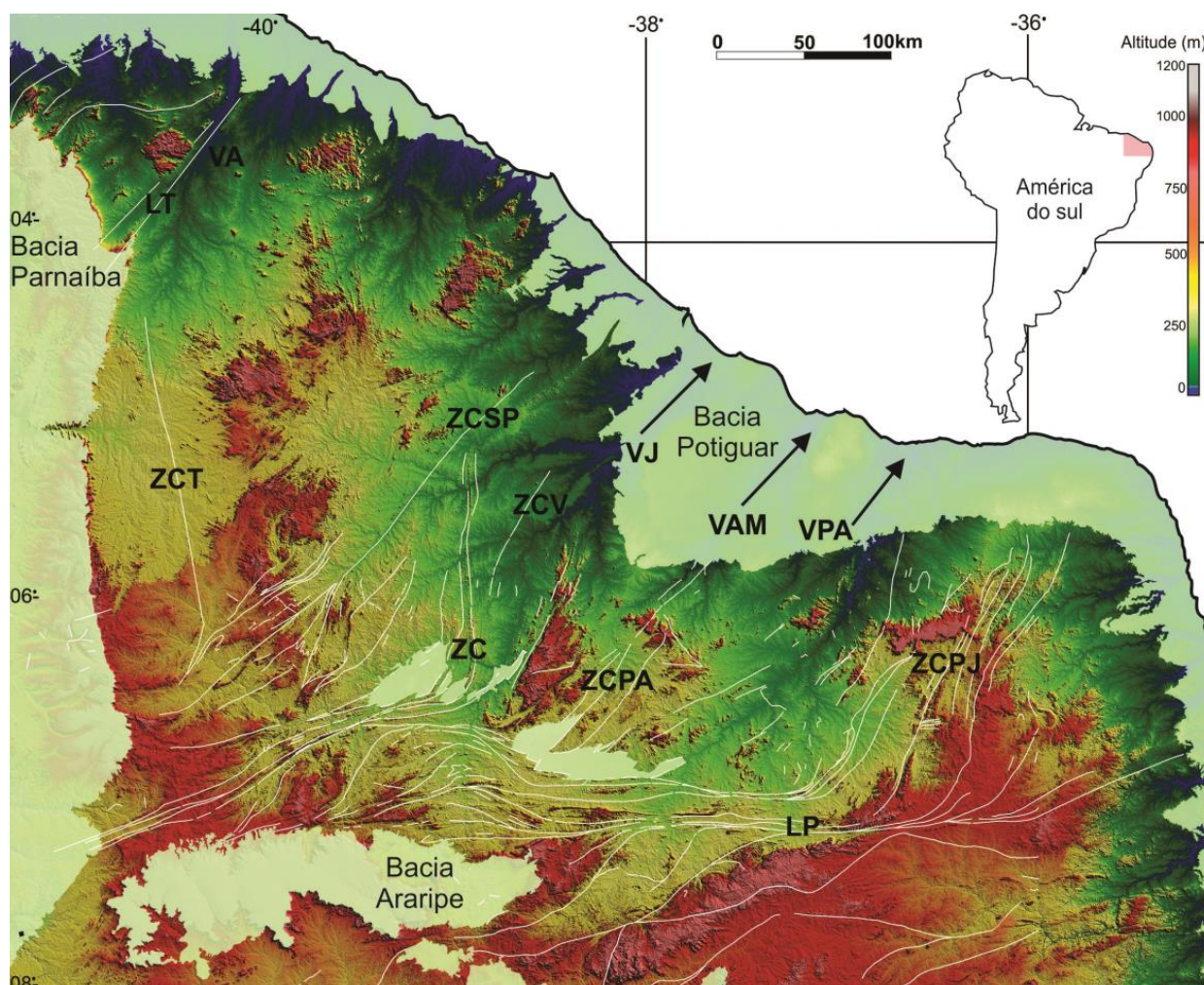


Figura 1 - Correlação entre lineamentos e a disposição do relevo no NE Brasileiro. LT: Lineamento Transbrasiliano, ZCT: Zona de Cisalhamento de Tauá, ZCSP: Senador Pompeu, ZCV: Jaguaribe, ZC: Orós, ZCPA: Portalegre, ZCPJ: Picuí-João Câmara, LP: Lineamento Patos, VJ: Vale do Rio Jaguaribe, VAM: Vale do Rio Apodi-Mossoró, VPA: Vale do Rio Piranhas-Açu.

isostáticos pós-tectonismo (CORSINI et al., 1998). Posteriormente, a fase de reativação de zonas de cisalhamento (Jurássico superior a Cretáceo inferior), caracterizou-se pela formação de riftes que resultaram nas bacias interiores do Recôncavo, Tucano, Jatobá, Araripe, Rio do Peixe, Iguatu e as bacias costeiras da margem Atlântica (Ceará, Potiguar, Pernambuco, Paraíba e Sergipe-Alagoas) (MATOS, 1992). Esses eventos levaram à fragmentação de Pangea, à formação do Oceano Atlântico e à individualização da Placa Sul-Americana. Paralela e subsequentemente à formação do Atlântico, o interior continental foi submetido a soerguimento e erosão (fase de reestabilização pós-cretácea) (PEULVAST E CLAUDINO SALES, 2003). Muitos dos depósitos sedimentares resultantes desses sucessivos eventos tectônicos foram influenciados pelas falhas do embasamento subjacente, particularmente pelas estruturas desenvolvidas durante o tectonismo que atuou no final do Ciclo Brasileiro até o Cretáceo (MATOS, 1992). Essas falhas são pré, sin e pós-deposicionais na área das bacias (BEZERRA; VITA-FINZI, 2000, CASTRO et al., 2000).

Nesse aspecto, o relevo do maciço da Borborema corresponde ao conjunto de terras altas que se distribuem ao longo da fachada do Nordeste oriental do Brasil, ao norte do rio São Francisco, acima da cota 200 m, cujos limites são marcados por uma série de desnivelamentos topográficos, sendo sua gênese epirogênica associada à fragmentação de Pangea e ao magmatismo intraplaca atuante ao longo do Cenozoico (CORREA et al., 2010).

Do ponto de vista clássico a bibliografia acerca da evolução geomorfológica do Nordeste brasileiro baseou-se na adaptação do modelo de King (1956). Nessa linha, os trabalhos de Ab' Sáber e Bigarella (1961), Bigarella (1994, 2003), Andrade e Lins (1965), Mabesoone e Castro (1975), entre outros, basearam-se na ocorrência de epirogenias pós-cretáceas, acompanhadas por fases de dissecação e pediplanação ocorridas em climas secos. Estes autores reconheceram a existência de várias superfícies escalonadas (Figura 2), resultantes de fases de aplainamento decorrentes de processos erosivos, dados a partir do soerguimento de um núcleo continental. De acordo com esses trabalhos, as sequências sedimentares do Mesozóico e do Cenozoico seriam o resultado de erosão decorrente do soerguimento e, conseqüentemente, rebaixamento do nível de base regional.

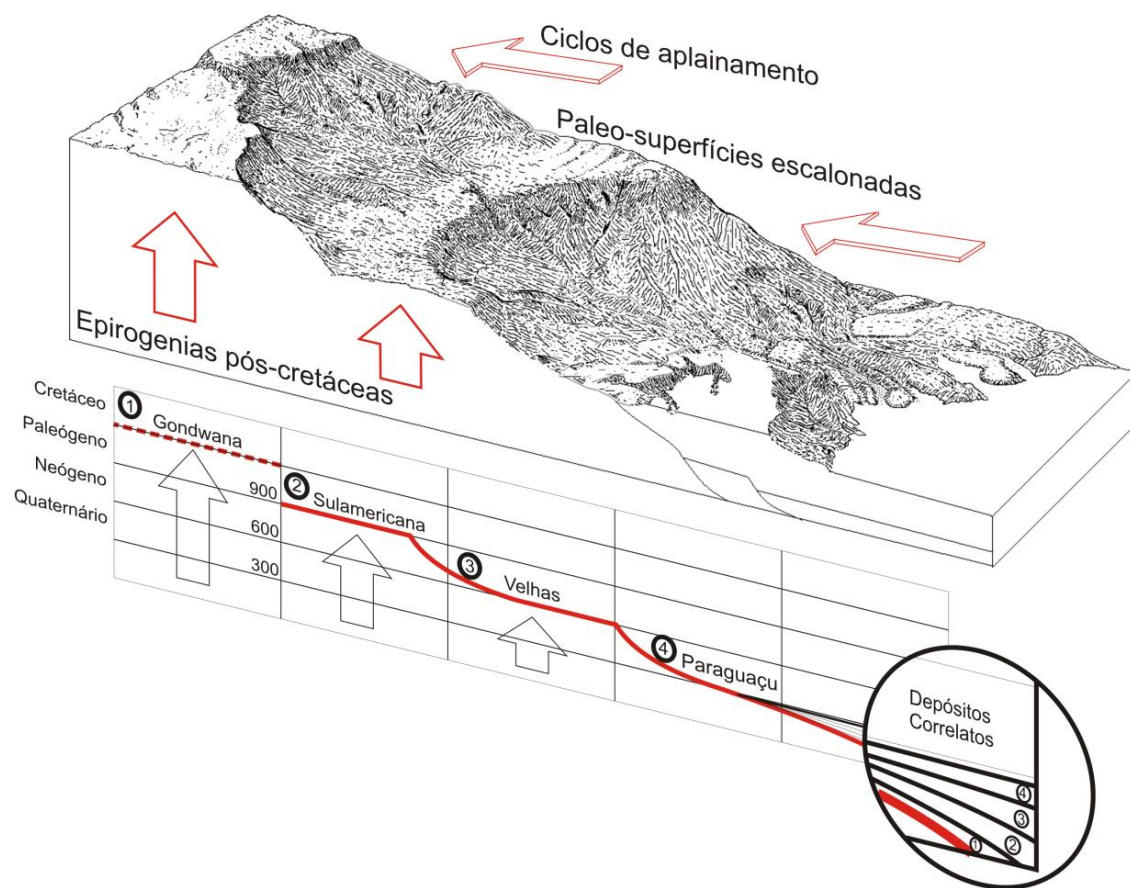


Figura 2 – Modelo Clássico de Evolução do relevo, superfícies baseadas em King, 1956 (MAIA; BEZERRA, 2010).

A partir de um soerguimento de origem poligênica, seriam desencadeados os processos de erosão linear, originando vertentes que, submetidas à aridez, recuariam lateralmente mantendo sua altimetria, interpretada como paleosuperfície. O papel da tectônica seria evidenciado no sentido de promover as variações dos níveis de base, induzindo à dissecação. O modelo baseia-se na interpretação de morfoestruturas como produtos de períodos alternantes de soerguimento (acarretando dissecação) e estabilização (resultando superfícies de aplainamento regionais) (MAIA et al., 2010). Nesse contexto, os terraços, as superfícies de aplainamento e os depósitos correlativos seriam fonte de dados essenciais para a análise geomorfológica.

Os modelos clássicos e sua ênfase morfoclimática forneceram importantes subsídios à consolidação de uma geomorfologia do Quaternário. Contudo estes trabalhos apresentam limitações no aspecto estrutural, sobretudo no que concerne aos efeitos que a tectônica rifte, pós-rifte e a erosão diferencial desenvolvida ao longo das zonas de cisalhamento exercem sobre a evolução de relevo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O relevo do Nordeste do Brasil foi descrito classicamente como paleosuperfícies resultantes de ciclos de peneplanção (MAIA et al., 2010). Entretanto, através dos dados de campo e sensoriamento remoto será demonstrado que este relevo é controlado por zonas de cisalhamento dúcteis e suas reativações. Dois aspectos são importantes para este controle. O primeiro controle é exercido pela erosão diferencial. Nesse aspecto as Zonas de cisalhamento são geralmente marcadas por corpos graníticos, que são mais resistentes à erosão originando dessa forma sobressaltos topográficos. O segundo controle é aquele dado pela reativação frágil das zonas de cisalhamento. Este por sua vez têm gerado abatimentos e soerguimentos segundo os planos de deformação brasileira originando dessa forma um relevo notoriamente marcado por trends de lineamentos estruturais.

Sabins (1996) definiu o termo lineamento como sendo uma feição linear topográfica, que pode representar uma zona de fraqueza estrutural. Essas feições são mapeáveis e podem ser simples ou compostas, cujas partes encontram-se alinhadas de modo retilíneo ou suavemente curvo, refletindo um fenômeno de subsuperfície (O'LEARY et al., 1976). Em termos geomorfológicos, lineamentos representam comumente variações na elevação dos terrenos, alinhamento de cristas, segmentos de escarpas, trechos de drenagem e vales (JORDAN; SCHOTT, 2005), que por refletirem as principais linhas de fraqueza regionais podem indicar locais de ocorrência de estruturas geológicas importantes para comprovar a influência estrutural e/ou tectônica na evolução do relevo. Desse modo, a análise de domínios de lineamentos em escala regional, tem sido mostrada como uma ferramenta útil para investigar a relação entre a Geomorfologia e a Tectônica.

Reativações tectônicas da Província Borborema e a influencia na evolução relevo

Em termos evolutivos, os principais eventos de evolução tectônica da Província Borborema podem ser distinguidos da seguinte forma:

- 1 - Orogênese Brasileira, derivada da colagem tectônica brasileira/panafricana de 600 Ma (BRITO NEVES et al., 2000), a qual foi acompanhada de um importante plutonismo granítico (ANGELIM et al., 2006);
- 2 - Fragmentação do Megacontinente Gondwana resultando na separação Brasil – África (MATOS, 2000);
- 3 - Reativações tectônicas cenozoicas (BEZERRA; VITA FINZI, 2000) condicionam a evolução geomorfológica através das alterações dos níveis de base induzindo a dissecação e agradação (MAIA et al., 2010).

Essa sequência de eventos tectônicos é a principal responsável pelas linhas mestras do relevo que condicionam a evolução geomorfológica atual, que é marcada pelo controle exercido sobre os processos denudacionais cenozoicos. Tal controle resulta do condicionamento estrutural da evolução geomorfológica, sobretudo nas áreas de deformações tectônicas como nas zonas de cisalhamento. Segundo Trindade et al., (2008) as zonas de cisalhamento são condutos por onde pode circular um grande volume de fluidos, constituindo assim áreas que foram afetadas por deformação dúctil (PASSCHIER et al., 1993). Nessas zonas a configuração litológica heterogênea disposta em faixas paralelas direcionadas segundo os planos de deformação e os sistemas de falhas e fraturas condicionam os processos erosivos que passam a expressar no relevo as direções da foliação metamórfica e dos trends estruturais. Isso acontece por que nas zonas de cisalhamento pode ocorrer a ascensão de magma granítico e seu posterior deslocamento horizontal originando intrusões lineares (Figura 3). Esse deslocamento foi comprovado a partir do paralelismo existente entre foliação magmática e milonítica (NEVES, 1991). Dessa forma as zonas de deformação tectônica criam tanto lineamentos de rochas miloníticas quanto graníticas.



As zonas de cisalhamento se formaram em nível crustal profundo. Entretanto foram reativadas em vários níveis crustais. Estas reativações produziram deformações no campo dúctil-rúptil e rúptil. Ambos esses processos são potenciais geradores de trends de lineamentos que para a geomorfologia, são considerados importantes feições relacionadas a deformação tectônica. Tais deformações são associadas a estruturas de subsuperfície, sendo passíveis de serem identificáveis no terreno e em imagens de sensores remotos.

Assim é importante destacar a natureza estrutural do relevo seja através do controle exercido na erosão diferencial em virtude da heterogeneidade litológica associada a zonas de deformação dúctil e aos planos de foliação, seja através dos efeitos das reativações tectônicas. No Nordeste Brasileiro as reativações tectônicas cenozoicas são responsáveis pelo rejuvenescimento de maciços cristalinos através de seu soerguimento ou pelo abatimento de blocos por subsidência que resulta na formação de pequenas bacias interiores. Nesse aspecto Gurgel et al., (2013) através de uma análise morfotectônica propuseram uma origem tectônica para as escarpas que sustentam o maciço do Pereiro situado entre os Estados do Ceará e Rio Grande do Norte, contrapondo dessa forma com as classificações mais clássicas que o descrevia como forma residual.

Os efeitos das reativações tectônicas na morfologia, na drenagem e nos ambientes de sedimentação de diversas bacias no nordeste setentrional brasileiro foram analisados por Bezerra e Vita-Finzi (2000); Bezerra et al. (2001, 2008); Furrier et al., (2006) Nogueira et al., (2010), Moura Lima et al. (2010), Lima, (2010) Rossetti et al. (2011) e Maia, (2012) e demonstraram que a relação entre a tectônica cenozoica e os depósitos neogênicos (Formação Barreiras) e quaternários, 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).

O controle estrutural do relevo e da drenagem: exemplos da Província Borborema

No Nordeste brasileiro os lineamentos de direção NE-SW e E-W em muitos casos representam a expressão em superfície, da deformação brasileira de caráter dúctil/rúptil reativadas no cretáceo e no cenozoico. Esses lineamentos compreendem trends de falhas que exercem uma importante influencia no controle estrutural de drenagem, na dissecação e na deposição quaternária. Exemplos dessa disposição morfoestrutural são comumente encontrados nas áreas erosionais representadas pelas depressões sertanejas e os maciços cristalinos.

Na Província Borborema, extensas zonas de cisalhamento transcorrentes brasileiras a seccionam nas direções E-W e NE, zonas estas que, em geral controlam o alojamento de diversos corpos granitoides (NASCIMENTO, 1998). Disso decorre o caráter do relevo ser comumente disposto em sequencias de cristas e vales orientados segundos os trends de lineamentos. Esses trends são representados por planos de foliação, por cristas quartizíticas ou de micaxistos, por intrusões graníticas e por planos de milonitização. Assim originam-se lineamentos paralelos, de resistência diferenciada a denudação geoquímica ou física favorecendo através da erosão diferencial o desgaste das faixas menos tenras segundo os planos de deformação e a manutenção dos corpos intrusivos, que passam a ser expressos no relevo como cristas residuais de origem estrutural (Figura 3).

O resultado final da atuação da erosão é o desaparecimento do relevo e o retorno da crosta a sua espessura inicial, anterior ao evento deformacional. Isso implica entre outras coisas, em que o substrato de subsuperfície, aparecerá em superfície (ARTHAUD, 2007). Dessa forma a erosão de zonas de cisalhamento dúcteis pré-cambrianas conduz a progressiva exumação de maciços cristalinos, descritos tradicionalmente como residuais. Essa exumação possibilitou através da erosão diferencial a formação de trens de lineamentos geomorfológicos dispostos em formas lineares positivas e negativas associadas aos planos de deformação brasileira (Figura 4).



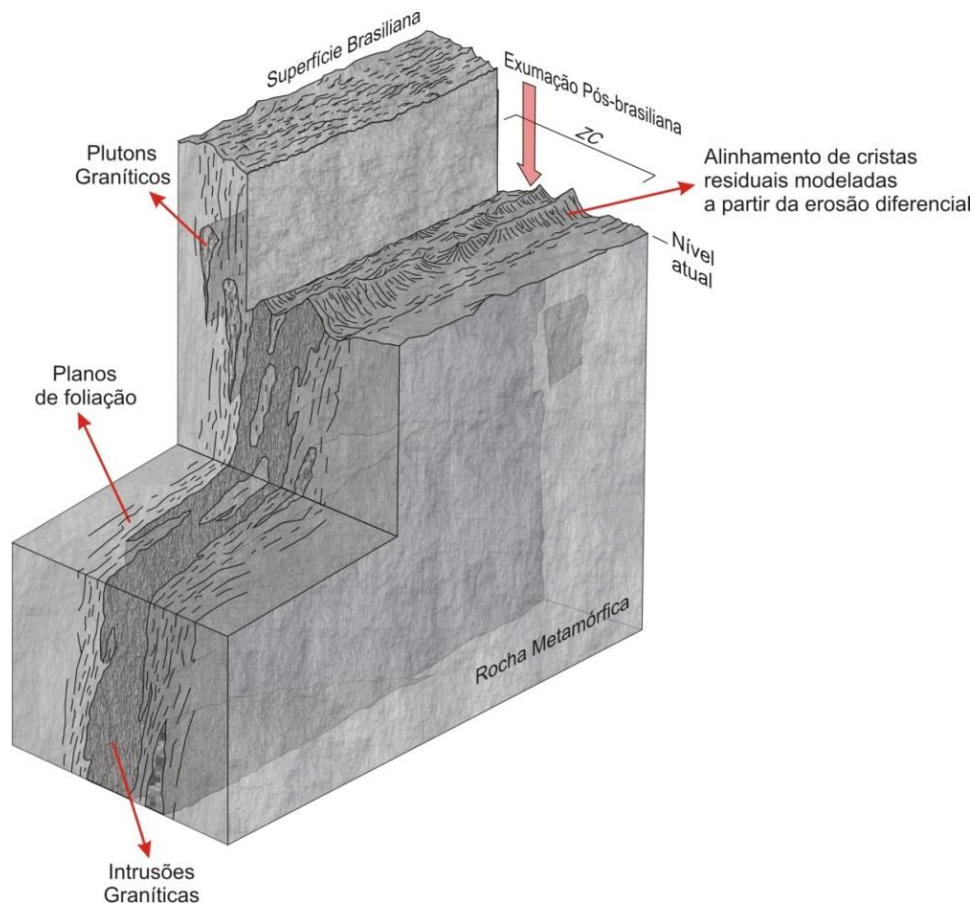


Figura 3 - Intrusões graníticas e sua repercussão na morfologia.

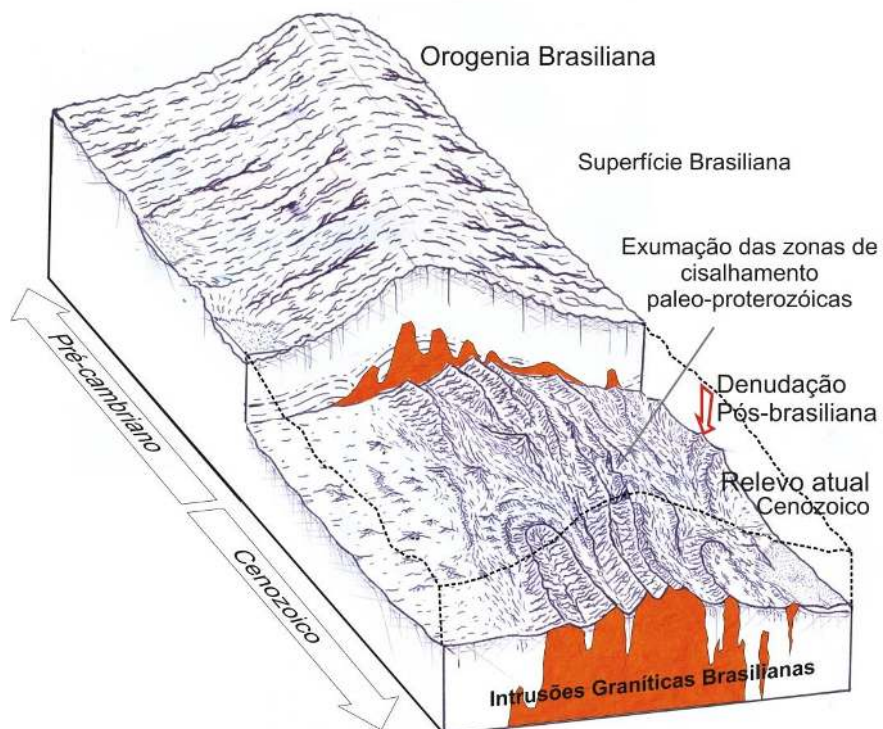


Figura 4 - Exumação nas zonas de cisalhamento evidencia as estruturas deformacionais de caráter dúctil de idade brasileira.

Dessa forma, os planos de deformação brasileira condicionam em escala regional diversas morfologias, principalmente aquelas associadas as zonas de cisalhamento dúcteis onde o relevo é caracterizado por cristas simétricas com vertentes de declividade acentuadas dispostas de forma contínua. São exemplos dessa contextualização o setor NW da área de estudo, correspondente ao domínio transbrasiliiano, o trend cariri-potiguar, a zona do domínio transversal e o setor setentrional do maciço da Borborema.

Segundo a figura 5 no setor setentrional da Província Borborema os quadrantes B, C e D constituem expressivos exemplos dessa configuração morfoestrutural, disposta em alinhamento de cristas residuais que confinam a drenagem de 1º ordem e orientam a dissecação. No quadrante B, área correspondente a depressão periférica ocidental do Glint da Ibiapaba, o Lineamento Transbrasiliiano controla o canal do Rio Jaibas e parte do Rio Acaraú. Nesse setor, enquanto o Lineamento Transbrasiliiano é responsável pelo deslocamento do front da escarpa do Glint da Ibiapaba, na depressão periférica sua influencia se dá sobre a dissecação fluvial que originou um vale orientado na direção NE-SW. Nas áreas correspondentes ao Maciço do Pereiro e entorno do Planalto de Santana o relevo é controlado estruturalmente pelas ZC Portalegre e Picuí - João Câmara. A exumação das ZC associada a esses setores resultou na formação de cristas e vales incisos de direção NE-SW que controlam os canais de escoamento do alto curso da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró e as pequenas bacias que dissecam os segmentos N e NE do Maciço da Borborema. Essa disposição morfoestrutural resguarda em suas formas importantes indicadores de tectonismo. Esses Indicadores associados aos dados de natureza geocronológica (Datação por Luminescência), geológica (Deformações sin e pós deposicionais) e tectônica como falhas e sua sismicidade associada, tem subsidiado os estudos de Neotectônica e suas repercussões no relevo do Nordeste brasileiro.

Mais ao sul, na área do lineamento Patos, correspondente ao domínio da zona transversal (Figura 5 C). Nessa área, o recuo das escarpas do maciço da Borborema foi responsável pela extensa denudação que evidenciou a sequencia de cristas E-W que distribuem-se por uma faixa de aproximadamente 60km de largura por mais de 500km de extensão. Entre os domínio dessas cristas E-W e o maciço do Pereiro, ocorrem zonas de abatimentos tectônicos relacionados a reativação cretácea. Atualmente essas zonas compõem as bacias interiores do Nordeste Brasileiro.

Ainda no domínio da zona transversal é possível destacar que os processos de dissecação comandados sobretudo pela drenagem, adaptam-se a estruturação morfotectônica da seguinte forma; os canais de 1 e 2 ordem são controlados pelos lineamentos do relevo E-W enquanto a drenagem de 3 e 4 ordem se superimpõem as morfoestruturas. Desse modo origina canais superimpostos de direção N, como o canal principal da Sub-bacia do Rio Salgado no Ceará (Figura 5, Quadrante C).

Os ambientes sedimentares têm revelado importantes indicadores de como os processos de reativação cenozoica tem condicionado a evolução de relevo associada a essas áreas. Nos ambientes sedimentares a repercussão dessas reativações pode ser constatada a partir da orientação da dissecação e da consequente deposição quaternária. Dessa forma, a geomorfologia do Nordeste setentrional, tanto no embasamento pré-cambriano quanto nos ambientes sedimentares (Bacias Paleo-mesozóicas e depósitos cenozoicos) é notoriamente condicionada pela disposição morfoestrutural. Nesse aspecto, as maiores bacias hidrográficas do Nordeste setentrional estão diretamente condicionadas por falhamentos e por zonas de cisalhamento dúcteis. São exemplos dessas drenagens o Rio Acaraú, na porção norte da área de estudo, que possui seu vale encaixado sobre o lineamento transbrasiliiano. O Rio Jaguaribe que desenvolve seu baixo e médio curso sobre a falha de denominação homônima, em uma depressão entre as zonas de cisalhamento Senador Pompeu e Portalegre. Os vales dos Rios Apodi-Mossoró e Piranhas-Açu, ambos encaixados no sistema de falhas não aflorantes da fase rifte na Bacia Potiguar. Neste caso, a reativação de falhas da fase rifte é responsável por formação de altos e baixos topográficos da Bacia Potiguar, influenciando assim na configuração da drenagem.

Com exceção da Planície costeira, as demais unidades apresentam padrões de orientação de dissecação variando de N-S, NE-SW e E-W conforme a direção das zonas de cisalhamento dúc-



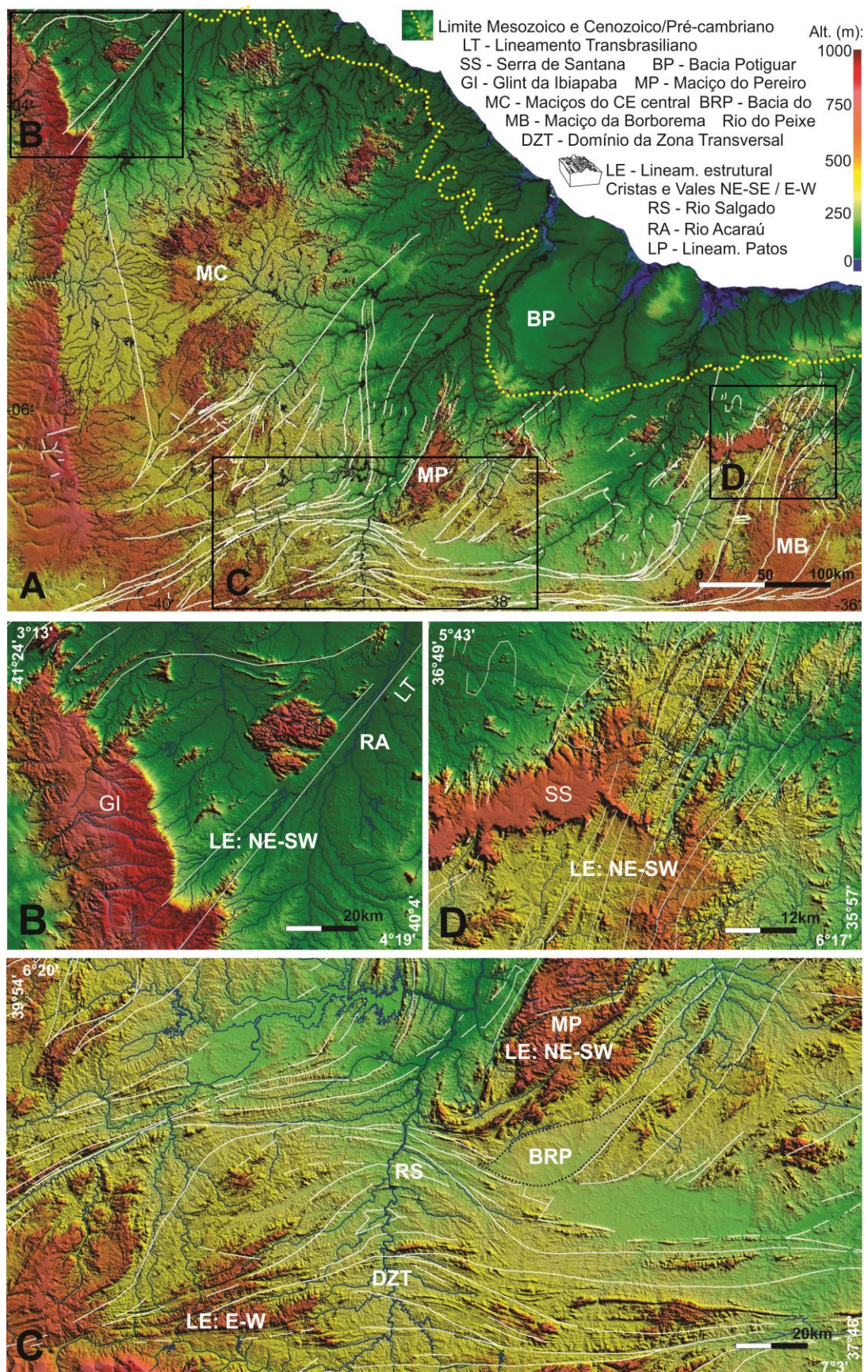


Figura 5 – Geomorfologia do Nordeste setentrional brasileiro com ênfase no controle exercido pelas zonas de cisalhamento dúcteis Pré-cambrianas.

teis pré-cambrianas. Nas áreas dos Maciços e Depressões, a exumação das zonas de cisalhamento controlam feições da morfologia, formando vales e cristas de mesma direção. Esses cinturões de deformação individualizam setores mais dissecados onde o controle estrutural é menos evidenciado. Trata-se das depressões sertanejas que se distribuem nas áreas interioranas na forma de extensas superfícies aplainadas interrompidas por relevos isolados, compostos por maciços graníticos que constituem rochas mais resistentes que as do entorno rebaixado. Nessa unidade do relevo predominam os processos de dissecação sobre os de agração gerando a exposição contínua do embasamento.

A topografia na depressão sertaneja varia de plana a suavemente ondulada compondo superfícies situadas entre 50 e 300 metros de altitude, que partem da borda dos planaltos residuais na forma de depressões periféricas (Figura 6). A complexidade litológica associada às depressões sertanejas dificulta sua caracterização geológica. Contudo, é possível destacar a predominância de um substrato metamórfico variado onde a mineralogia das rochas, resultantes do metamorfismo que ocorreu no Pré-cambriano, controla a erosão diferencial que ocorreu no Cenozoico.

Outras formas de relevo associadas aos vales e aos ambientes de deposição quaternários podem apresentar os efeitos do tectonismo cenozoico em escala local, como níveis de terraços escalonados, anomalias de drenagem, falésias e domos estruturais. Dessa forma, objetivando sistematizar em uma única classificação as formas de relevo no Nordeste setentrional em diferentes escalas, a Figura 7 propõem uma compartimentação baseada em unidades e sub-unidades do relevo. Estas por sua vez serão distinguidas por cores acompanhadas por nomenclatura específica e por uma representação esquemática na forma de bloco diagrama. Em termos de macrocompartimentação foram distinguidas as seguintes unidades: Planícies Fluviais, Planícies Costeiras, Tabuleiros Costeiros, Planaltos Sedimentares, Depressão Sertaneja e Maciços Estruturais. Cada cor é acompanhada por uma letra correspondente a unidade do relevo que representa. Dentro de uma mesma unidade podem haver tipos de relevo diferentes sendo estes representados por letras e simbologia numérica. A letra assim como as cores representam as macrounidades do relevo e o número as diferentes ocorrências dessa unidade. Por fim, a legenda representada em vermelho apresenta as variações possíveis no interior de cada macro unidade, bem como elenca através de uma representação 3d por bloco diagrama o fator morfogenético predominante.

Nas áreas dos depósitos cenozoicos as unidades correspondentes a T e A apresentam os efeitos do condicionamento neotectônico de processos erosivos. Tal condicionamento é representado pelos níveis de terraços escalonados como nos vales do Rio Jaguaribe Piranhas-Açu e pelo controle estrutural de falésias nos casos em que estas se situam em zonas de falhas ativas, como as falésias do litoral da Bacia Potiguar. Na unidade dos planaltos desenvolvidos nas bacias paleo-mesozoicas, as unidades P3G, P1C, P1D e P2C são as que melhor representam os eventos deformacionais pós-rifte. Tais eventos ocorrem sobre controle estrutural que condiciona a circundenudação dessas bacias. São exemplos desses processos o setor norte do Glint da Ibiapaba, o planalto formado na Bacia do Araripe, a cuesta da Bacia Potiguar e seu reverso repleto de lajedos carsticos intensamente falhados. Nas unidades MEF, ME e EI em geral o relevo representa a disposição morfoestrutural através das escarpas, linhas de cristas e vales orientados segundo os planos de deformação tectônica. Nas demais unidades não há evidências de controle estrutural do relevo em termos morfogenéticos e morfoevolutivos.



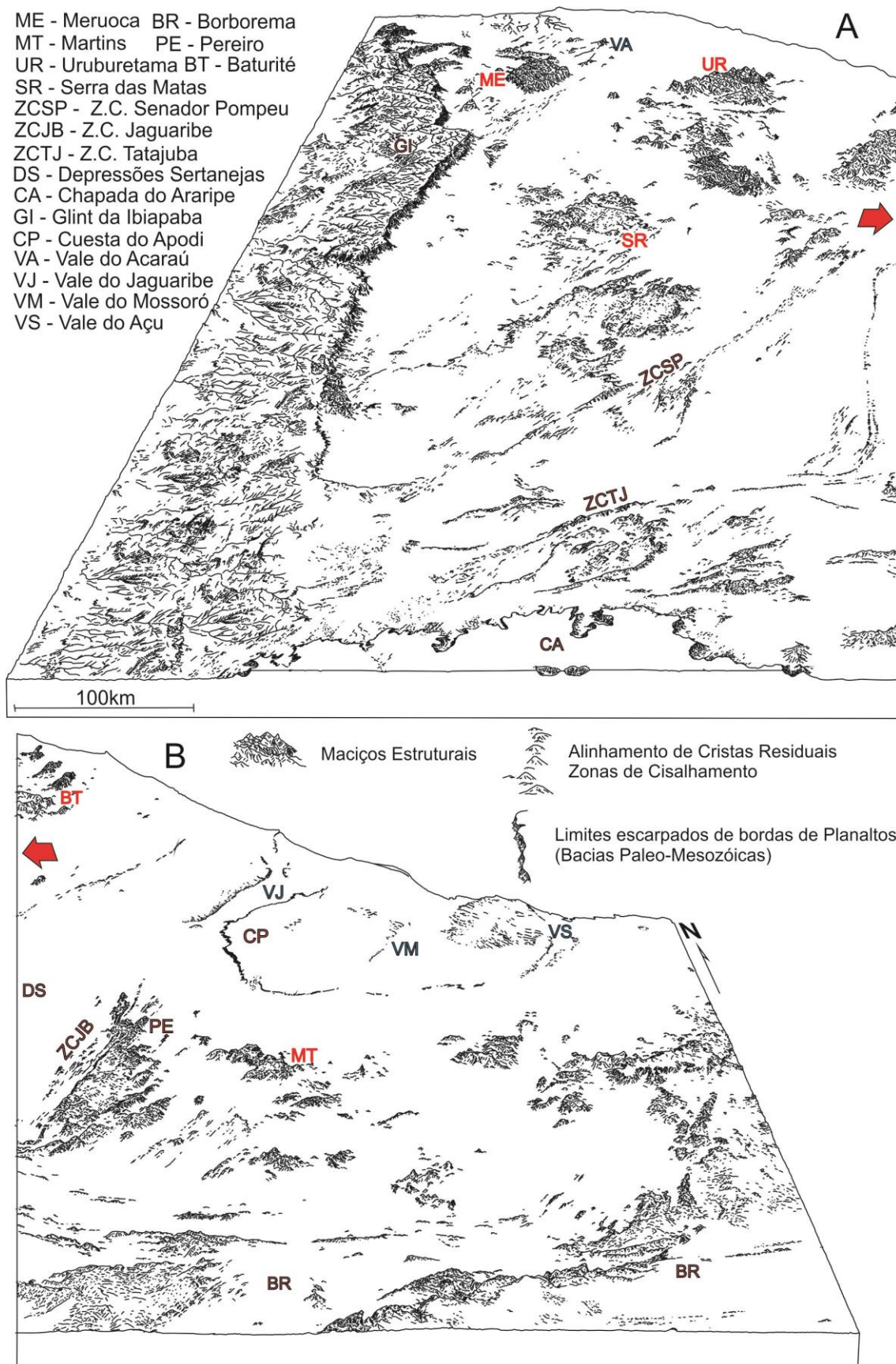


Figura 6 - Bloco Diagrama esquemático representando as principais unidades do relevo do NE setentrional brasileiro.

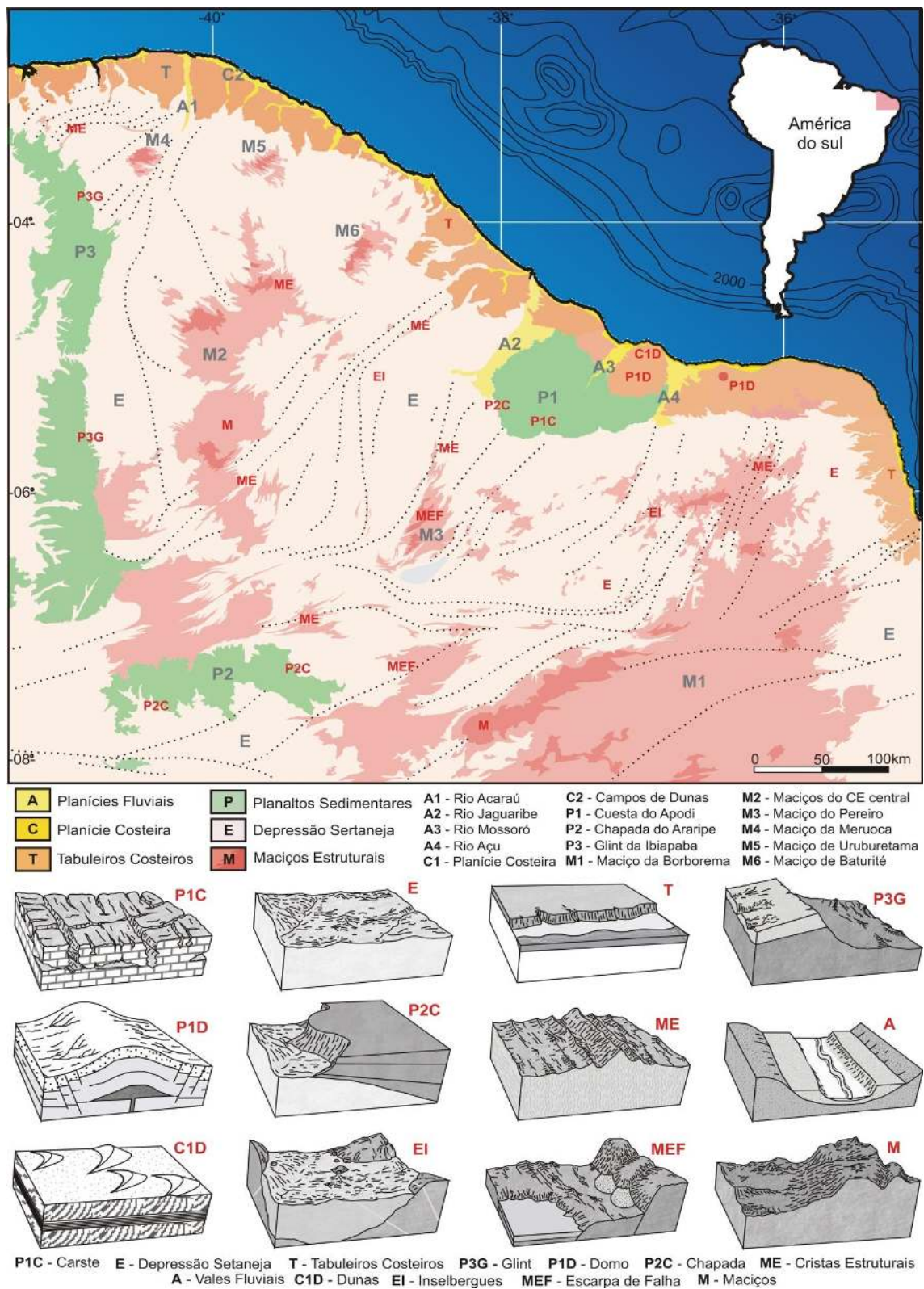


Figura 7 – Proposta de individualização do relevo do NE setentrional em unidades morfoestruturais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A principal contribuição deste trabalho é a incorporação de processos de deformação de superfície e subsuperfície no condicionamento do relevo setentrional da região Nordeste do Brasil. Neste aspecto o relevo é influenciado por estruturas de deformação tectônica de idade pré-cambriana reativadas no cretáceo e no cenozoico. Essas deformações incluem alinhamentos de cristas residuais que confinam canais de drenagem e constituem a expressão geomorfológica das intrusões graníticas nas zonas de cisalhamento transcorrentes de direção NE-SW e E-W. Por sua vez essas zonas de cisalhamento podem ser consideradas em termos geomorfológicos as equivalentes profundas, dissecadas, das grandes falhas de rejeito direcional observadas em níveis crustais mais rasos.

Em termos gerais, o controle estrutural do relevo é evidenciado a partir da dissecação sobre estruturas tectônicas dúcteis e rúpteis. No primeiro caso ocorrem principalmente os alinhamentos de cristas e os vales orientados originando trends de lineamentos (NE-SW e E-W) positivos e negativos que passam a evidenciar em suas formas a trama estrutural vigente. Já o segundo caso, as deformações de caráter rúptil condicionam a dissecação e a deposição quaternária. Isso ocorre através do controle estrutural de drenagem que os rios apresentam ao atravessarem zonas de falhas ativas. Nesse aspecto, as maiores bacias hidrográficas representadas pelo rio Acaraú, Jaguaribe, Apodi-Mossoró e Piranhas-Açu drenam seus deflúvios sobre a influência de falhas NE-SW que influenciam a direção dos vales e portanto a agradação fluvial. Assim, os vales de direção NE-SW constituem a expressão geomorfológica da reativação cenozoica das zonas de cisalhamento pré-cambrianas.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AB SÁBER, A.N.; BIGARELLA, J.J. Considerações sobre a geomorfogênese da Serra do Mar. **Boletim Paranaense de Geografia** n.4/5 p94-110, 1961.
- AB SÁBER, A. N. (1969). Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do Nordeste Brasileiro. **Bol. Geomorfologia**, IGEOG-USP, SP, n 19, 38p. 1969.
- ALMEIDA, F. F. M.; BRITO NEVES, B.B.; CARNEIRO, C.D.R. The origin and evolution of the South American Platform. **Earth Science Reviews**, 50: 77-111, 2000.
- ALMEIDA, F. F. M., HASUI, Y., NEVES, B. B. B., FUCK, R. A. Províncias Estruturais Brasileiras - Atas VIII Simp. Geol. Nordeste, **Anais**. Campina Grande, 363-391, 1977.
- ALMEIDA, F. F. M., HASUI, Y., NEVES, B. B. B., FUCK, R. A. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth Sciences Reviews**, 17: 1-29, 1981.
- ALMEIDA, F. F. M; BRITO NEVES, B.B; CARNEIRO, C.D.R. The origin and evolution of the South American Platform. **Earth Science Reviews**, 50: 77-111. 2000.
- ANDRADE G.O; LINS R. Introdução à morfoclimatologia do Nordeste do Brasil Arquivos do Instituto de Ciências da Terra, **Recife** (3-4): 11-28, 1965.
- ANGELIM, L.A.A., MEDEIROS, V.C., NESI, J.R. 2006. Programa Geologia do Brasil - PGB. Projeto Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte**. Escala 1:500.000. Recife: CPRM/FAPERN, 2006.
- ARTHAUD, M. H. **Evolução neoproterozóica do grupo Ceará (domínio Ceará central, NE Brasil)**: da sedimentação à colisão continental brasileira. 170 f. Tese (Doutorado em Geociências)-Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- ARARIPE, P.T.; FEIJÓ, F.J. Bacia Potiguar. **Boletim de Geociências**, RJ, v.8, n°.1, 1994.
- BEZERRA, F. H. R.; VITA-FINZI, C. How active is a passive margin? Paleoseismicity in Northeastern Brazil. **Geology**. v. 28: 591-594, 2000.
- 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**. v14: 61-75, 2001.



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**. 01: 555-582, 2008.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais**. Vol.1. Florianópolis: Ed. UFSC. 1994.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais**. Vol.3. Florianópolis: Ed. UFSC. 2003.

BIZZI, L. A., SCHOBENHAUS, C., VIDOTTI, R. M., GONÇALVES, J.H. (Org.). **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil** - Texto, Mapas e SIG. 2003.

BRITO NEVES, B.B. América do Sul: quatro fusões, quatro fissões e o processo acrecionário andino. Bahia. VII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, **Anais SBG**. 11-13. 1999.

BRITO NEVES, B.B., SANTOS, E. J., VAN SCHMUS, W. R. Tectonic history of the Borborema Province, northeastern Brazil. In Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A., Campos, D.A. (Eds.) **Tectonic Evolution of South America**. Rio de Janeiro, 31 International Geological Congress, p.151-182, 2000.

CORREA, A.C.B.; TAVRES, B.A.C.; MONTEIRO, K.A.; CAVALCANTI, L.C.S.; LIRA, D.R. Megageomorfologia e Morfoestrutura do Planalto da Borborema. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 2010.

CORSINI, M., LAMBERT DE FIGUEIREDO, L., CABY, R., FÉRAUD, G., RUFFET, G., VAUCHES, A., Thermal history of the Pan/African – Brasileiro Borborema province of the northeast Brazil, deduced from 40Ar/39Ar analysis. **Tectonophysics**, 285. 1998.

FURRIER, M.; ARAÚJO, M. E.; MENESES, L. F. Geomorfologia e Tectônica da Formação Barreiras no Estado da Paraíba. **Geologia USP, Sér. Cient.**, São Paulo, v.6, n.2, p. 61-70, 2006.

GURGEL, S. P. P. ; BEZERRA, F. H. R. ; CORRÊA, A. C.B. ; MARQUES, F. O. ; MAIA, R. P. . Cenozoic uplift and erosion of structural landforms in NE Brazil. **Geomorphology (Amsterdam)**, v. 186, p. 68, 2013.

KING, L. C. A geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**. 18:2, 147-265, 1956.

JORDAN, G.; SCHOTT, B. Application of wavelet analysis to the study of spatial pattern of morphotectonic lineaments in digital terrain models. A case of study. **Remote Sensing of Environment**, 94. p. 31-38. 2005.

LIMA, C. C. U. Evidências da Ação Tectônica nos Sedimentos da Formação Barreiras Presentes do Litoral de Sergipe ao Norte da Bahia. **Revista de Geografia (Recife)**, v. Esp.01, p. 148-160, 2010.

MABESSONE, J. M.; CASTRO, C; Desenvolvimento Geomorfológico do Nordeste Brasileiro, **Boletim do núcleo Nordeste da Sociedade Brasileira de Geologia**. 3, 1975.

MABESSONE, M. J.; História Geológica da Província Borborema (NE do Brasil) **Revista de Geologia UFPE**, 15, 2002.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. ; SALES, V. C. Geomorfologia do Nordeste: Concepções clássicas e atuais acerca das superfícies de aplainamento. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 27, p. -6--19. 2010.

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.

MATOS, R. D. M. Tectonic evolution of the equatorial south atlantic, in: Atlantic Rift in Continental Margins. **American Geophysical Union**. p.331-351, 2000.

MONIÉ, P., CABY, R., ARTHAUD, M., The neoproterozoic orogeny in northeast Brazil: 40Ar/39Ar ages and petrostructural data from Ceará. **Precambrian Research**, 81, 1997.

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 cenozóicas na porção central da Bacia Potiguar. **Geologia USP. Série Científica**, v. 10, 2010.

MATOS, R. M. D. The Northeast Brazilian Rift System. **Tectonics**. 11 (4): 766-791, 1992.

MATOS, R. D. M, Tectonic evolution of the equatorial south atlantic, in: Atlantic Rift in Continental Margins. **American Geophysical Union**, p.331-351. 2000.

NASCIMENTO, R.S.C..**Petrologia dos Granitóides Brasileiros associados a zonas de cisalhamento Remígio-Pocinhos (PB)**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica. PPGG-UFRN, Natal, RN, 1998.

NEVES, S.P. A zona de cisalhamento tauá, ceará: sentido e estimativa do deslocamento, evolução estrutural e granitogênese associada. **Revista Brasileira de Geociências**. 21 Vol. 2, 1991.



- 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.
- NOGUEIRA, F.C.C; BEZERRA, F.H.R; CASTRO, D.L. de. 2006. Deformação Rúptil em Depósitos da Formação Barreiras na Porção Leste da Bacia Potiguar. *Revista do Instituto de Geociências-USP. Geol. USP Ser. Cient.*, São Paulo, v.6, n. 2, p. 51-61.
- O'LEARY, D.W., FRIEDMAN, J.D., POHN, H.A. Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms. **Geological Society of America Bull.**, 87:1463-1469. 1976.
- OLIVEIRA, R. G. MEDEIROS, W.E. Evidences of buried loads in the base of the crust of Borborema Plateau (NE Brazil) from Bouguer admittance estimates. **Journal of South American Earth Sciences**. V37, 2012.
- PASSCHIER, C.W; SIMPSON, C. Porphyroclast systems and kinematic indicators. **Journal Structural Geology**, 1993.
- PEULVAST, J. P.; CLAUDINO SALES, V. Stepped surfaces and Paleolandforms in the Northern Brazilian <Nordeste>: Constraints on models of morfotectonic evolution. **Geomorphology**, v. 3: 89-122, 2003.
- ROSSETTI, D. F.; BEZERRA, F. H.; GÓES, A. M.; Brito-Neves, B.B. Sediment deformation in Miocene and post-Miocene strata, Northeastern Brazil: evidence for paleoseismicity in a passive margin. **Sedimentary Geology**, v. 235, p. 172-187. 2011.
- SAADI, A. & TORQUATO, J.R. Contribuição à neotectônica do Estado do Ceará. **Revista de Geologia**, Fortaleza-CE. 5: 5-38, 1994.
- SABINS, Jr., F.F. **Remote sensing**: principles and interpretations. Freeman and Company, 494p. 1996.
- TRINDADE, I. V; MARTINS SÁ, J; MACEDO, M.HF; Comportamento de elementos químicos em rochas mineralizadas em ouro na Faixa Seridó, Província Borborema. **Revista Brasileira de Geociências**, V38, n2, SP, 2008.
- VAUCHES, A., NEVES, S., CABY, R., CORSINI, M., EGYDIO-SILVA, M., ARTHAUD, M., AMARO, V., The Borborema shear zone system, NE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, 8, 1995.

Trabalho enviado em março de 2014
Trabalho aceito em abril de 2014

