

## **Modelagem de Imagens LANDSAT 5 TM e dados ASTER para identificação dos pedimentos na superfície de cimeira no Planalto da Borborema, Maciço da Serra da Baixa Verde, PE/PB.**

Bruno de Azevêdo Cavalcanti Tavares<sup>1</sup>  
Daniel Rodrigues de Lira<sup>1</sup>  
Lucas Costa de Souza Cavalcanti<sup>1</sup>  
Hewerton Alves da Silva<sup>1</sup>  
Antônio Carlos de Barros Corrêa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pernambuco - UFPE/LGFA  
Av. Acadêmico Hélio Ramos, S/N – 6 andar  
CEP: 50740-520 – Cidade Universitária – Recife/PE  
brunoactavares@yahoo.com.br  
dniellira@gmail.com  
lucascavalcanti3@gmail.com  
He.wasufpe@gmail.com  
dbiase2001@terra.com.br

**Abstract.** Tectonics has controlled the geodynamics processes and the shape modeling of the surface. The tectonics effects are visualized in great proportions in the space. Thus, using digital modeling techniques and remote imagery can facilitate a major visualization of the topography and a better detailing of the structural data. So, this paper aims to use the digital and topography data to identify pediments in the summit surfaces of the Borborema Highlands. The study area is located in a syenitic massif more precisely in the city of Triunfo – PE. We used LANDSAT 5 TM imagery and ASTER data to create a digital elevation model (DEM) and a tridimensional model from the study area. Analyzing the DEM and 3D model we have identified two elevated fault-controlled troughs on the top of a syenitic massif within the Borborema highlands and we believe that tectonics have controlled those two pediments (trough). Therewith, we can conclude that making a junction with digital imagery data and a more detailing structural analysis we can elucidate how tectonics has contribute to generate those summit surfaces.

**Palavras Chave:** tectônica, processamento de imagens, pedimentos.

**Key-words:** tectonics, image processing, pediments.

### **1. Introdução**

A tectônica se impõe na paisagem fazendo o controle dos processos geodinâmicos e modelando a topografia na superfície terrestre. Os efeitos da tectônica são visualizados em grandes proporções no espaço. Nesse sentido o uso de técnicas de modelagem digital a partir de dados topográficos e imagens de satélite permitem uma maior visualização da topografia e um maior detalhamento de dados estruturais (MAYER, 2000). Assim, processamento de imagens digitais e de elevação possibilita uma visualização mais precisa de feições do relevo que não são facilmente localizadas fazendo uso de mapas topográficos tradicionais. O desafio para os geomorfólogos na aplicação de MDE (modelo digital de elevação) e modelagem digital é a habilidade de reconhecer superfícies elaboradas pela atuação da tectônica em um ambiente que se encontra com processos bastante dinâmicos, isso por que as feições tectônicas podem ter sido cobertas ou modificadas por processos não derivados de tectonismo.

Ainda nessa perspectiva, a utilização de imagens de satélite com a junção de técnicas de Sensoriamento Remoto, tem sido apresentada de grande utilidade para a identificação e interpretação dos dados geomorfológicos, dando mais precisão para a extração de fotolineamentos e possíveis controles estruturais sobre a compartimentação do relevo. Esta extração de dados tem sido possível a partir da análise das formas e das combinações das bandas, o que possibilita uma melhor visualização das texturas e formas por meio das unidades de pixels (TAVARES *et al*, 2009).

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

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

No presente trabalho a modelagem digital dos dados foi realizada no intuito de identificar as áreas de estocagem de sedimentos que ocorrem nos patamares mais elevados do Planalto da Borborema. Estas superfícies se encontram confinadas pelas escarpas abruptas do referido planalto.

### **1.1 Caracterização da Área**

O Maciço da Serra da Baixa Verde estruturado em um batólito sienítico, apresenta dois sistemas de prováveis grábens que se localizam no alto estrutural do Planalto e são controlados por falhamentos. A área se localiza no limite PE-PB, na região centro norte do Estado pernambucano, a cerca de 400 Km do Recife. A área é delimitada pelos paralelos 7° 41'S e 7° 54'S, e os meridianos 38° 00'W e 38° 11'W, compreendendo uma superfície em torno dos 400 Km<sup>2</sup> de acordo com Corrêa (2001). Este setor da Borborema se encontra sob um contexto de cristas e maciços residuais, se porta também como um divisor hidrográfico, separando as Bacias do rio Piancó, ao norte, e do Pajeú, ao sul (Figura 1).

#### **1.1.1 Contexto Geológico e Geomorfológico**

A área a ser pesquisada se localiza nos níveis mais elevados do planalto da Borborema no Estado de Pernambuco. O maciço da Serra da Baixa Verde, localiza-se em terrenos do embasamento cristalino da Província Estrutural Borborema, esta área é confinada pela chamada zona transversal ou “*Median shear corridor*” de acordo com Brito Neves *et al* (2000, 2001) e Almeida *et al* (2000). Esta zona tem os seus limites norte, o lineamento Patos e ao sul, o lineamento Pernambuco. O maciço constitui corpos sieníticos de dimensões extensas e variadas, estruturando batólitos, stocks e diques, que se encontram ora em concordância ora em discordância, aos trends regionais (CORREA, 2001).

Em relação à sua estrutura, o Batólito sienítico da Baixa Verde, possui direção de NE-SW com uma forma alongada na paisagem. Este direcionamento está em congruência com os lineamentos regionais. O maciço é cortado por várias falhas transcorrentes associados à Zona de Cisalhamento Serra Talhada (NE-SW). Em termos regionais, o maciço encontra-se em destaque enquanto à sua topografia, enquanto que as áreas circundantes rebaixadas correspondem em geral, aos micaxistos e às demais rochas metamórficas.

A Serra da Baixa Verde se impõe na paisagem como um maciço residual, este delimita localmente um dos setores da escarpa ocidental do Planalto da Borborema. As cimeiras do planalto se apresentam bastante dissecadas, formando topos tabulares separados por incisões fluviais em forma de “V”, com encostas com alto grau de declividade (20° a 50°). É notável a

remoção do manto de intemperismo exibindo desse modo, a rocha fresca; bem como a deposição de materiais coluviais nas médias e baixas encostas. No contexto regional, a transição do maciço para a depressão sertaneja é distinguida pelo contato entre o sienito e as rochas metamórficas, estas com diferentes graus de metamorfismo que estruturam as faixas de dobramentos circundantes (CORREA, 2001).

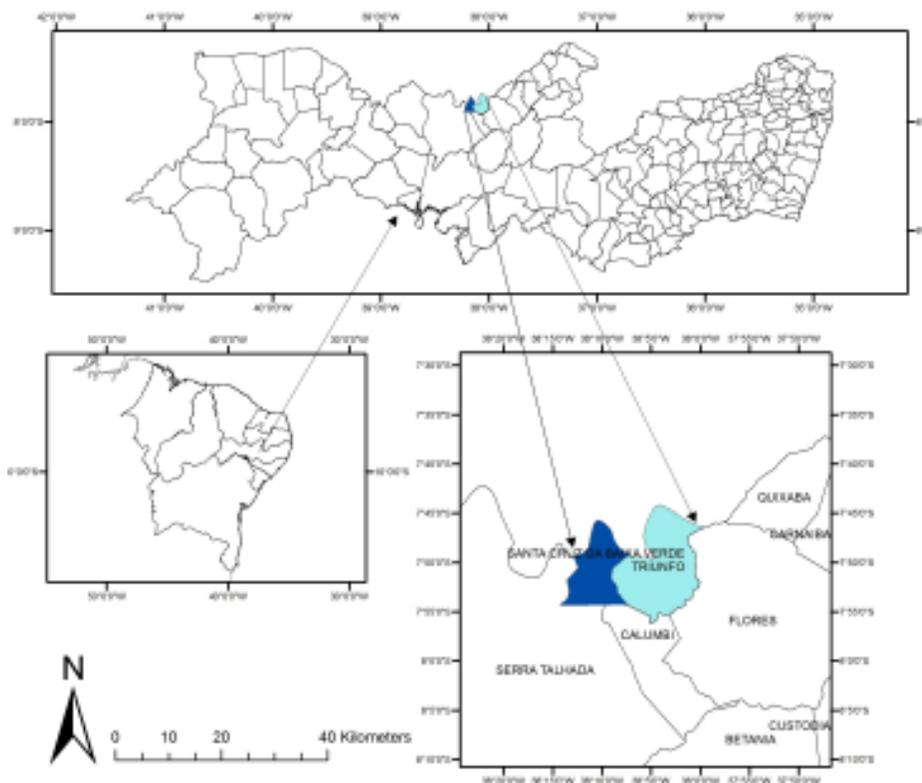


Figura 1 – Localização da Área de estudo

## 2. Metodologia

Para a identificação das superfícies de estocagem, ou pedimentos embutidos, inicialmente foi construído um modelo digital de elevação a partir dos dados ASTER, de resolução de 30 metros, este modelo foi construído no Software ArcGis 9.2. Esta modelagem permitiu a visualização e interpretação dos possíveis controles atuantes sobre os pedimentos encontrados nas superfícies de cimeira do Planalto de acordo com metodologia de Oronati *et al.*, (1992) e Chorowicz *et al.*, (2004). Foram adquiridas imagens LANDSAT 5 TM através do site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e manipuladas através do demonstrativo do Erdas 9.1, nesse caso realizou a correção radiométrica (Equação 1) e de reflectância (Equação 2) desenvolvida por Markham & Baker (1987) da imagem para corrigir possíveis erros e uma serie de combinações de bandas para uma melhor representatividade das feições do relevo e conseqüentemente da geomorfologia da área de estudo. Posteriormente foi feito a modelagem 3D de imagens de satélite LANDSAT 5 TM (ano 2007) e dos dados de topografia ASTER, para uma identificação mais apurada dos controles exercidos sobre a

compartimentação do Maciço da Serra da Baixa Verde, foi realizado a modelagem da área a partir da junção dos dados ASTER e LANDSAT 5 TM no *software* ArcScene (Licença disponível no Departamento de Ciências Geográficas da UFPE).

### 3. Resultados e discussões

A área em questão apresenta superfícies aplainadas, topograficamente deprimidas, nos setores sul e norte, relevos residuais do tipo inselbergue e inselgebirgues, e um bloco maior ao centro, este constituindo o maciço da Baixa Verde, com a superfície de cimeira atingindo cotas superiores a 1100 metros. O relevo se apresenta com direcionamento de NE-SW, WSW-ENE e E-W. No maciço há presença de dois pedimentos embutidos localizados no alto estrutural do Planalto (Figura 02).

Este compartimento apresenta pequenos vales confinados a altitudes que variam de 800 a 950 metros, estas depressões interplanálticas se portam como receptores de sedimentos provenientes das encostas abruptas do maciço e sedimentação derivada dos rios que entalham estes vales, como o rio Piancozinho afluente do rio principal, o Piancó, que se localiza na porção centro-sul do Estado da Paraíba.

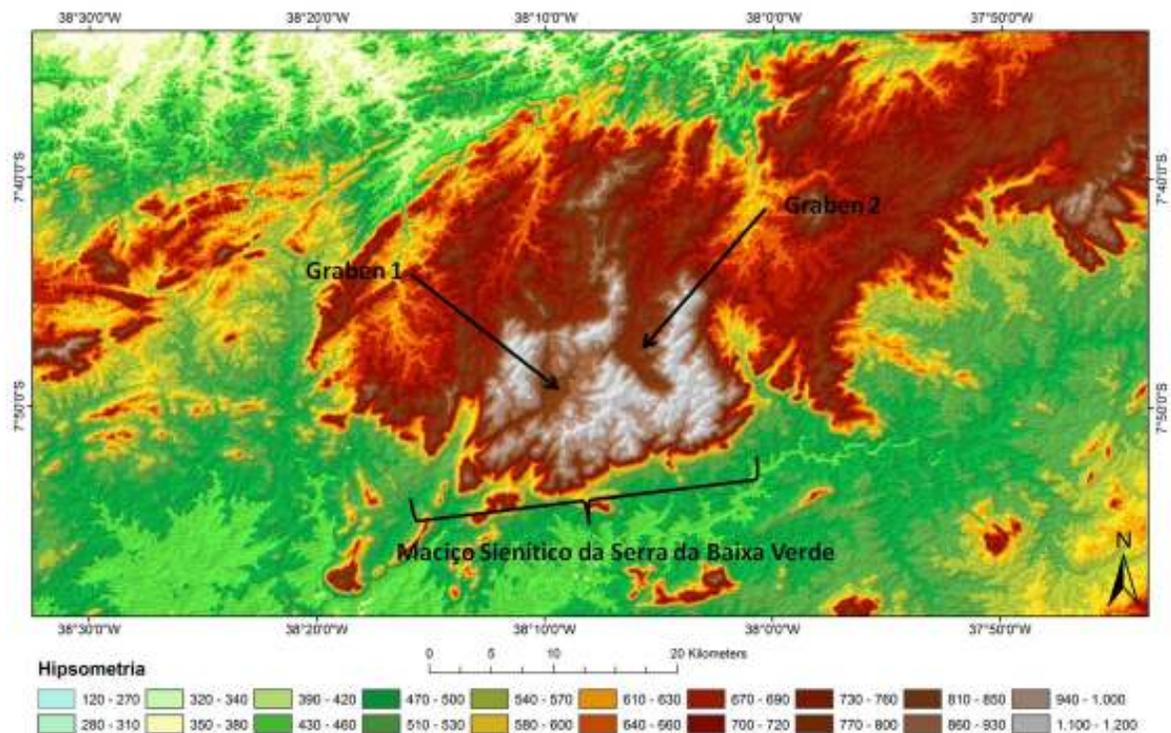


Figura 02 – Mapa Hipsométrico da Serra da Baixa Verde, neste mapa podemos identificar os prováveis grábens em cotas altimétricas que variam de 850-940 metros.

Os pedimentos embutidos, ou grábens, foram denominados de Gráben 1 e Gráben 2. O primeiro se localiza na porção ocidental do maciço encontrando-se mais confinado e com

presença de sedimentação das encostas, este compartimento apresenta um desnível topográfico bastante significativo na sua porção Norte, sugerindo possíveis controles morfotectônicos na área. O gráben 2 se localiza na porção oriental do maciço, com o declive no sentido Norte, este compartimento se apresenta menos confinado, com maior presença de sedimentos na encostas e nos terraços fluviais do rio Piancozinho que tem o seu fluxo direcionado pra Norte, em direção ao Estado da Paraíba (Figura 03 e 04).

Nesse contexto de evolução em margem introduzido por Obruchev (1948) apud Suguio (2010) para designar “*movimentos tectônicos ocorridos no fim do Terciário e no Quaternário, os quais desempenharam um papel decisivo na configuração topográfica contemporânea da superfície terrestre.*” Isto ocorre em virtude da área de estudo apresentar evidências de pulsações tectônicas neocenozóicas, embora se localize em um contexto de margem passiva de continente, tradicionalmente tratado pela geomorfologia regional a partir da perspectiva erosiva/denudacional. Não obstante, os setores planálticos do Sudeste e Nordeste do Brasil têm sido alvos de estudos recentes que enfocam a influência da neotectônica sobre a morfogênese (MELLO, 1997; HIRUMA, 1999; SILVA, 1999; MORAIS NETO e ALKMIN, 2001; BEZERRA et al., 2001; 2008). Dentro desta perspectiva faz-se necessário uma maior compreensão de como essas pulsações tectônicas vêm definindo ou influenciando a taxa de operação dos agentes denudacionais e como estes eventos contribuíram para a gênese das superfícies de topo da Borborema.

A atuação de movimentos tectônicos cenozóicos pode estar intrinsecamente relacionada à reativação de antigas falhas do embasamento do Lineamento Pernambuco e Lineamento Patos. Estas deformações possivelmente se refletem sobre as superfícies de cimeira que se apresentam topograficamente bem destacadas na paisagem. Estes setores do planalto aparentam ter em sua origem ligações com as influências tectônicas que ocasionaram um desnivelamento entre as superfícies, sendo estas relacionadas à possível reativação de falhas, ou seja, a tectônica teria operado construindo também a amplitude topográfica interna do Planalto. Estas questões foram bem trabalhadas por Gontijo (1999) e Hiruma (2007) no Planalto da Bocaina, Sudeste do Brasil, mas a aplicação dos mesmos procedimentos metodológicos ao Nordeste do Brasil ainda resta por ser feita.

As inferências a respeito da história evolutiva do Planalto da Borborema eram geralmente focadas a partir das superfícies de aplainamento e pedimentação. Trabalhos como o de Barros (1998), Corrêa (2001), Moraes Neto & Alckmin (2001) vem demonstrado que é necessário fazer uma análise muito mais precisa e complexa para tentar elucidar a relação entre áreas fontes, armazenadoras de sedimentos e de transporte de material na paisagem. De acordo com Correa (2001) a reconstituição da gênese dos compartimentos da Borborema era elucidada através dos depósitos correlativos de magnitude regional, como a Formação Barreiras. As formas de detalhe e depósitos sedimentares confinados nos altos estruturais dos setores mais elevados do planalto eram negligenciados ou tratados de forma generalista, pois estas formas não se enquadravam nos esquemas da elaboração dos chamados relevos policíclicos (CORREA, 2001).

Nesse sentido, observações preliminares e um embasamento teórico a partir da literatura acerca da evolução da Borborema, apontam para que as definições regionais, embasadas nas correntes cíclicas de evolução do relevo, não propiciam uma compreensão das relações de campo entre as formações superficiais e as formas do relevo. Portanto, faz-se necessário estabelecer uma relação clara entre os materiais estruturadores da superfície da paisagem e seus vínculos com as formas de relevo resultante

Paisagens geomorfológicas como o Maciço da Serra da Baixa Verde, apresentam formas que corroboram os modelos de evolução cíclica do relevo, que levam em conta unicamente as relações geométricas entre as formas sem considerar os detalhes peculiares de cada contexto espacial. Neste sentido, se faz necessária uma abordagem mais detalhada,

construída a partir dos elementos da paisagem que possam ser mensurados, a fim de esclarecer como a tectônica operou nestes setores elevados da Borborema e, com isso dar uma contribuição a elucidação da história geomorfológica dos domínios elevados do Nordeste Brasileiro.

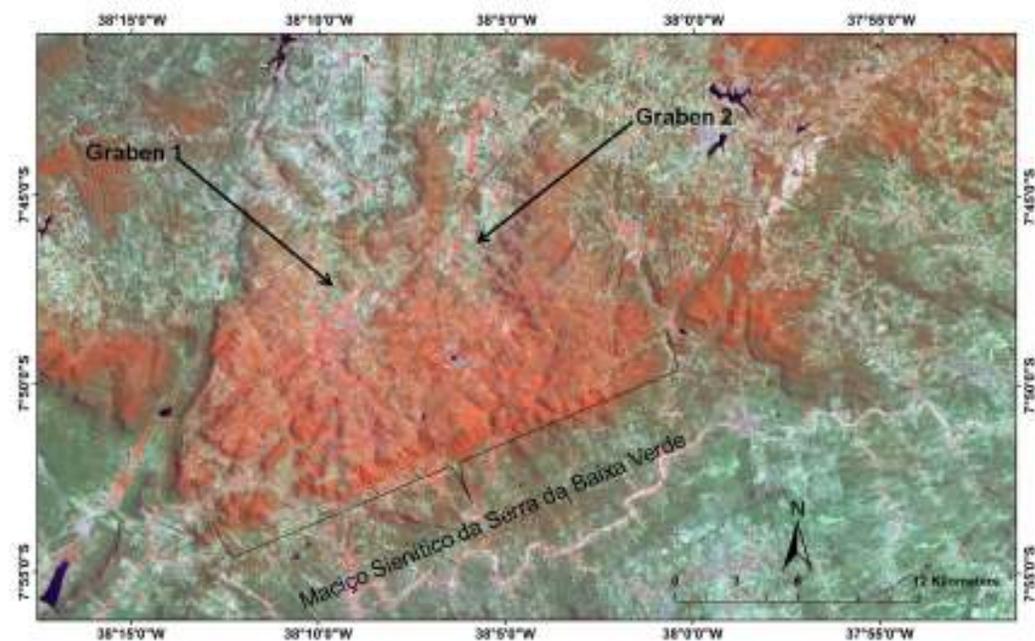


Figura 03 – Imagem LANDSAT 5 TM com identificação dos grábens/pedimentos embutidos.



Figura 04 – Modelo tridimensional do maciço da Serra da Baixa Verde.

#### **4. Conclusões**

Para se fazer uma análise evolutiva com maior precisão da área, a abordagem morfotectônica (SUMMERFIELD, 2000) é essencial para se elucidar a gênese dos patamares de cimeira do Maciço da Serra da Baixa Verde. A análise dos componentes estruturais dos compartimentos elevados da Borborema é de suma importância para a compreensão da evolução morfotectônica desta área, uma vez que esta já fora mesmo definida por autores clássicos como Czajka (1959) como áreas originadas de pulsos tectônicos pós-reativação Wealdeniana. Dessa forma, a busca pelos controles tectônicos nesses setores da Borborema, é fundamental para elucidar a história evolutiva do referido Planalto.

#### **Agradecimentos**

Ao CNPq e a FACEPE pela concessão de bolsas de mestrado, doutorado e apoio técnico.

#### **Referências Bibliográficas**

BARROS, S. D. Aspectos morfo-tectônicos nos platôs de Portalegre, Martins e Santana – Rio Grande do Norte. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Dissertação de Mestrado, 133 p. 1998.

BEZERRA, F.H.R., AMARO, V.E., VITA-FINZI, C., SAADI, A. Pliocene-Quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, V.14, 61-75p. 2001.

BEZERRA, F. H. R., BRITO NEVES, B. B.; CORRÊA, A.C.B., BARRETO, A.M.F., SUGUIO, K. Late Pleistocene tectonic-geomorphological development within a passive margin - The Cariata trough, northeastern Brazil. *Geomorphology*, v.97.p.555-582. 2008.

CHAVES JR, P.S. Comparison of spatial variability in visible and near-infrared spectral images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. v.58. n.7. p.957-964. 1992.

CHOROWITZ, J., LUXEY, P. LYBERIS, N. CARVALHO, J. PARROT, J. F., YUFUR, T., GUNDOGDU, N. The Mara triple junction (southern Turkey) based on digital elevation model and satellite imagery interpretation. *Journal of Geophysics Research*., 1994.

CORRÊA, A. C. B. Dinâmica geomorfológica dos compartimentos elevados do Planalto da Borborema, Nordeste do Brasil. Rio Claro, 386p. Tese de Doutorado IGCE, UNESP. 2001.

CZAJKA, W. Estudos geomorfológicos no nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 20, p.135-180, 1959.

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

FLORENZANO, T. G. Unidades geomorfológicas da Região Sudeste (SP) identificadas por imagens de satélite. Tese de doutorado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

GONTIJO, A. H. F. Morfotectônica do médio vale do rio Paraíba do Sul, leste do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999. 265 p.

HIRUMA, S.T. Neotectônica no Planalto de Campos de Jordão, SP. Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar). Instituto de Geociências – USP. São Paulo. 1999. 102p.

HIRUMA, S.T. Significado tectônico dos planaltos isolados da Bocaina. Universidade de São Paulo, Tese de doutorado. São Paulo, 2007, 205p.

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

MAYER, L. Application of digital elevation models to macroscale tectonic geomorphology. In: M.A. SUMMERFIELD (ed). **Geomorphology and Global Tectonics**. West Sussex: Wiley, p.255-282. 2000.

MELLO, C. L. **Sedimentação e tectônica cenozóicas no Médio Vale do Rio Doce (MG, Sudeste do Brasil) e suas implicações na evolução de um sistema de lagos**. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar). Instituto de Geociências – USP. São Paulo. 1997. 275p.

MORAIS NETO, J. M. & ALKMIM, F. F. A deformação das coberturas terciárias do Planalto da Borborema (PB-RN) e seu significado tectônico. *Revista brasileira de Geociências* 31(1), p.95-106. 2001.

OBRUCHEV, V. A. Osnovnye cherty kinetiki i plastiki neotektoniki. *Akad. Nauk. SXSSR Izv. Serv. Geol.*, 5:13-24. 1948.

ORONATI, G., POSCOLIERI, M. VENTURA, R., CHIARINI, V., CRUCILLA, U. The digital elevation model of Italy for geomorphology and structural geology. *Catena*, 19, 147-178. 1992.

SUGUIO, K. Geologia do quaternário e mudanças ambientais. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 408p.

SUMMERFIELD, M.A. *Geomorphology and Global Tectonics*. West Sussex: Wiley, p.255-282. 2000.

TAVARES, B. A. C., LIRA, D. R., SILVA, H. A., CAVALCANTI, L. C. S., CORREA, A. C. B. Aplicação de técnicas de Sensoriamento Remoto para compartimentação geomorfológica na área do gráben do Cariatá, Estado da Paraíba. Anais: XIV Simpósio de Sensoriamento Remoto, realizado em Natal, 2009.