



MODELO TRIDIMENSIONAL DE PALEOSUPERFÍCIES DO GRÁBEN DO CARIATÁ: UMA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE SUPERFÍCIES DE EROSÃO

Bruno de Azevedo Cavalcanti Tavares - Mestrando do Programa de Pós-graduação em Geografia da UFPE, brunoactavares@yahoo.com.br

Cybele Caroline Silva de Miranda - Graduanda do curso de bacharelado em Geografia da UFPE, cybelemiranda@gmail.com

Antônio Carlos de Barros Corrêa - Professor Adjunto do Departamento de Ciências Geográficas da UFPE, dbiase@terra.com.br

RESUMO: O gráben do Cariatá está localizado a 85 km do Recife, mais precisamente no sudeste do Estado da Paraíba. Delimita-se ao sul e à oeste com unidades morfoestruturais que se configuram como maciços cristalinos residuais associados ao Planalto da Borborema. A oeste da área de estudo estes maciços já estão expostos ao regime climático da região semi-árida. Neste sentido, o estudo de paleosuperfícies do gráben do Cariatá visa tratar um tema bastante discutido na ciência geomorfológica: as teorias clássicas do relevo, ou seja, como expor esta abordagem atualmente e até onde é possível visualizar na paisagem os modelos de ciclicidade do relevo. Esta pesquisa realizou uma análise da dissecação contemporânea do relevo, assim como quantificou as superfícies existentes na área. Partindo de uma metodologia baseada na coleta de todos os pontos contados da carta digitalizada SAPÉ (1:100.000), construção de uma planilha com os valores dos pontos e auxílio dos *softwares* ArcGis 9.2 e SURFER 8, foi possível confeccionar o modelo tridimensional de paleosuperfícies. Com o modelo 3D de paleosuperfícies, também foi feita a sobreposição da drenagem sobre as superfícies, para desse modo, realizar uma análise da dissecação contemporânea do relevo. Com a interpretação do modelo tridimensional, foi possível diferenciar quatro superfícies bem marcadas, um nível de cimeira que corresponde aos Horst norte e sul, a superfície do gráben e a superfície flexurada à leste e a superfície rebaixada à nordeste. De acordo com o analisado, provavelmente não se aplica ao gráben a interpretação clássica das superfícies de aplainamento definidas para o relevo do Nordeste oriental. Esta atribui para a área a existência de apenas três superfícies e, ainda assim, com temporalidades muito distintas daquelas verificadas dos materiais que estruturam o gráben.

Palavras-Chave: Gráben do Cariatá, superfícies de erosão, modelo de paleosuperfície



ABSTRACT: The cariatá graben is located at 85 km from Recife, more precisely in the southeast of Paraíba State. It is delimited to the south and west with morphostructural units that constitute cristelines massifs associateds to Borborema Highlands. To the west of the study area they are already exposed to massive climate regime semi-arid. In this sense the study of Cariatá paleosurfaces the graben, located in the southeastern state of Paraíba, aims to tackle a topic widely discussed in geomorphological science. This research conducted an analysis of the contemporary relief of dissection, and to quantify the surfaces in the area. Starting from a methodology based on collection of all points scored from the area from the scanned letter, Sape 1:100,000, building a spreadsheet with the values of these points, with subsequent construction of a model paleosurfaces with the use of software Arc GIS 9.2 and SURFER 8, allowing the overlap of the drainage in the model paleosurfaces with the interpretation of three-dimensional model, it was possible to differentiate four areas well marked, a Summit-level meeting the Horst at North and south, the surface of the graben, flexured surface in the east and lowered área at northeast. According to the analysis, probably does not apply to the graben the classical interpretation of the planing surfaces defined for relief in northeastern. This area would provide for the existence of only three surfaces, yet with temporalities very distinct from those found for the materials that make up the graben.

Key Words: Cariatá graben, Erosion surfaces, paleosurfaces model.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de se estabelecer uma cronologia absoluta dos eventos de denudação e deposição formadores do relevo e, por conseguinte, das superfícies aplainadas, advém do fato de que nem sempre é possível determinar relações cronoestratigráficas nos interiores continentais com base apenas nas propriedades diagnosticadas das unidades sedimentares correlativas à determinados níveis topográficos e compartimentos geomorfológicos (CORREA e MENDES, 2002). Mabesoone (1994 e 2000) e Mabesoone e Neumann (2005), a fim de solucionar o problema, optaram por correlacionar as fases de acumulação encontradas na plataforma submersa – a exemplo da região nordeste do Brasil, a partir do cretáceo. Essa homologia geomorfológica entre erosão e deposição continua a evoluir de acordo com as leis do equilíbrio dinâmico de ajuste entre as formas, stocks litológicos e processos superficiais, uma vez que o relevo é, antes de tudo, um fenômeno de destruição e o mesmo não se detém após a produção de um nível deposicional correlato (CORRÊA e MENDES, 2002).



A partir desses preceitos, os conceitos de superfícies de erosão se tornam de fundamental importância nesse estudo. Dentre os modelos de elaboração de superfícies de aplainamento, aquele que teve suas premissas mais aceitas no Brasil foi o da pediplanação. Ele se baseia na regressão paralela das encostas sem rebaixamento considerável dos divisores e na formação de pediplanos aprimorados por King (1956, 1962). Dessa forma, baseando-se nas teorias de Davis (1899) e Penck (1953), King (1953) considera novos modelos interpretativos, em que as superfícies aplainadas são referidas como resultantes da atuação de processos de recuo paralelo, os quais estão em melhor sintonia com os estudos de Penck. Em 1956, King escreveu “A Geomorfologia do Brasil Oriental”, obra na qual trata o relevo brasileiro a partir de superfícies de erosão cíclica, de acordo com os modelos Davisianos, mas sem descartar o papel desenvolvido pelas mudanças climáticas sobre a morfogênese da área estudada, principalmente no semi-árido nordestino (DUARTE, 2007). Assim, a elaboração das superfícies de erosão esteve freqüentemente sujeita às variações paleoclimáticas, as quais influenciaram de forma alterada os sucessivos processos erosivos (PASSOS e BIGARELLA, 2005).

Por não existir uma definição inequívoca de uma superfície de erosão e por conta de superfícies similares poderem ser aparentemente criadas por diversos processos, ocorreu uma falta de clareza do tema e da conceituação dessas superfícies. Os tipos principais de conceituação de superfícies de erosão que surgiram na literatura geomorfológica foram: peneplanos, proposto por Davis (1899), pediplanos, apresentados por Penck (1953) e etchplanos, proposto por Wayland (1933). Contudo, a plataforma brasileira passou por diversas fases de aplainamento pós-Cretáceos que se seguiram à reativação wealdeniana e aos reajustes isoestáticos da mesma. Deste modo, o relevo da região é representado a partir da elaboração de superfícies escalonadas (pediplanos), do litoral para o interior, que corresponderiam (os mais antigos), em ordem cronológica, aos níveis topográficos mais elevados (CORRÊA, 2003).

Os estudos mais freqüentes sobre superfícies de erosão no Brasil foram elaborados no sudeste do país como, por exemplo, Bigarella e Andrade (1965) e Bigarella e Mousinho (1965), os quais identificaram formas de relevo ligadas às interpretações das transições climáticas reconhecendo três eventos de pediplanação na paisagem brasileira e suas respectivas superfícies, sendo elas: Pd3, como a superfície mais elevada; Pd2, superfície intermediária e Pd1, a mais baixa. Relacionando essas superfícies àquelas propostas por King (1956), a Pd3 corresponderia à superfície desenvolvida no final do Cretácio, correspondente a



Sul – Americana; a Pd2 teria se desenvolvido no Paleógeno e a Pd1 corresponderia ao aplainamento mais jovem desenvolvido no Plioceno Pleistoceno. Essas duas últimas corresponderiam ao Ciclo Velhas de King. Na superfície Pd1 ficaram evidenciados dois ciclos pedimentares P1 e P2, relacionadas, segundo os autores, às variações climáticas ocorridas no último período glacial, podendo ser correlacionadas com a superfície do Ciclo Paraguaçu de King (DUARTE, 2007).

Neste sentido o estudo de paleosuperfícies do gráben do Cariatá, localizado no sudeste do Estado da Paraíba, visa tratar um tema bastante discutido na ciência geomorfológica, que é a questão das superfícies de aplainamento. Por muitos anos os conceitos clássicos foram tratados como ferramenta principal para a elucidação da disposição das superfícies do relevo, mas com o emprego de novas técnicas em acréscimo a essas teorias, como material estruturador, análise morfoestratigráfica e modelos tridimensionais do relevo a partir de imageamento remoto de alta precisão, as novas metodologias têm contribuído para uma nova abordagem desses conceitos. Assim, o presente trabalho procura fazer uma nova interpretação da abordagem das superfícies de erosão nas áreas que antecedem o planalto da Borborema. A partir do contexto geomorfológico, este trabalho propõe-se a fazer uma análise do relevo da dissecação contemporânea, assim como quantificar as superfícies existentes na área, para fazer uma correlação das superfícies encontradas com seus materiais estruturadores e sua posição na paisagem.

1.1 Contexto morfoestrutural e Geomorfológico - O gráben do Cariatá situa-se a 85 km do Recife e tem sua maior expressão espacial no município de Itabaiana e seu entorno, estando localizado na parte sudeste do Estado da Paraíba. Delimita-se ao sul e à oeste com unidades morfoestruturais que se configuram como maciços cristalinos residuais associados ao Planalto da Borborema, formando distintos patamares altimétricos em diversos estágios de dissecação. Na porção oeste da área de estudo estes patamares já estão expostos ao regime climático da região semi-árida (Fig. 1).

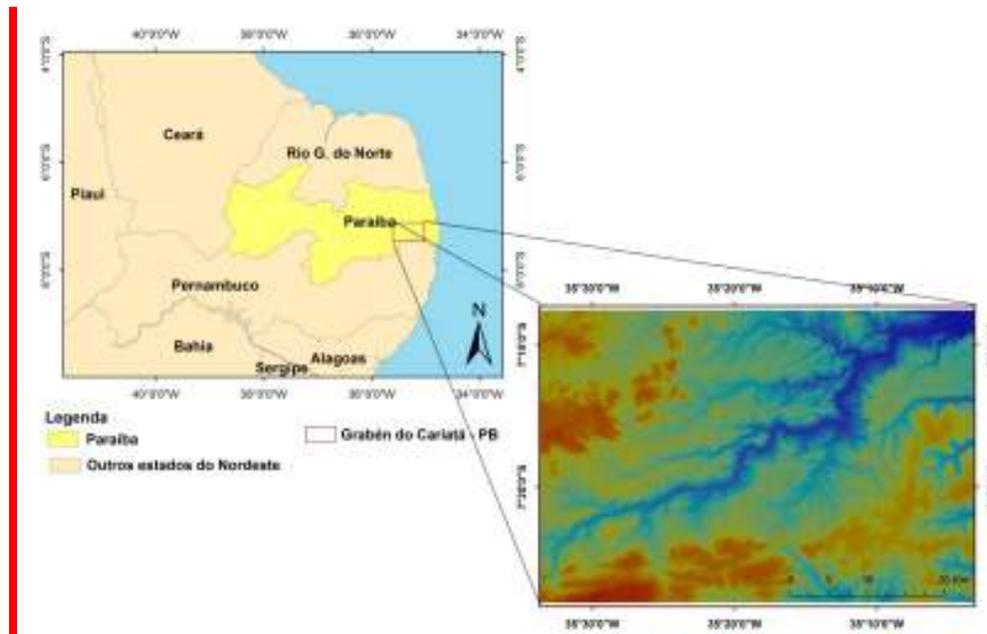


Figura 1 – Mapa de Localização do gráben do Cariatá

A Depressão Pré-Litorânea Paraibana é a principal morfoestrutura sobre a qual o gráben se desenvolveu. Sua área circunscribe também grande parte do curso do rio Paraíba, que atua como nível de base local. Esta unidade morfoestrutural apresenta um capeamento sedimentar, medianamente dissecado, que se expressa sob a forma de restos de superfícies tabuliformes, apresentando alvéolos de circundenudação ao longo do eixo das principais drenagens que a seccionam. Na maior parte do gráben, o clima predominante é o tropical sub-úmido com chuvas concentradas no outono-inverno, típico da faixa transicional entre a costa oriental nordestina úmida e o interior semi-árido. As superfícies tabuliformes ocorrem mais notavelmente na margem esquerda do rio Paraíba e o contato embasamento-sedimento é marcado geralmente a partir de um nível de eversão, onde exuma-se o embasamento de aspecto pediplanizado. Morfológicamente, estes divisores tabuliformes constituem pequenos platôs em estrutura tabular plana ou ligeiramente homoclinal com front interno voltado para o rio Paraíba.

O gráben do Cariatá é delimitado ao norte pela falha normal de São José dos Ramos e ao sul pela falha normal de Camutanga, ambas com orientação NE-SW (BRITO NEVES *et al*, 2004) (Figura 2). Dois eventos de reativação neotectônica foram identificados na área, contudo apenas um deles (o segundo), indica ser do Pleistoceno superior, reflete-se na deformação dos sedimentos que preenchem a referida fossa tectônica (BEZERRA *et al*,



2007). O primeiro evento, pré-quaternário, afetou apenas o embasamento cristalino, contudo a resposta de cada falha que estrutura o gráben foi diferente. A falha de Camutanga reativou a fábrica pré-cambriana. Enquanto que a reativação da falha de São José dos Ramos, ao contrário, atravessou a fábrica por meio de rupturas de rejeito direcional de direção NW-SE dispostas perpendicularmente à mesma (BEZERRA *et al*, 2007).

O gráben do Cariatá se insere no contexto das faixas de milonitização que ocorrem entre os lineamentos Patos e Pernambuco que estão identificados e definidos em SANTOS *et al* (2002). Esta região é marcada por extensos falhamentos orientados a NE (BARBOSA & LIMA FILHO, 2005). De acordo com a variação litológica, em cada faixa de milonitização ocorre maior ou menor grau de abatimento, a partir do estiramento crustal quando da formação das bacias sedimentares costeiras (BARBOSA, 2004). O embasamento cristalino apresenta traços de foliação metamórfica de direção NE-SW, que acompanham o sentido geral das estruturas pré-cambrianas (lineamentos Patos e Pernambuco) e definem a própria orientação do gráben. Na porção leste do gráben, ocorre uma unidade edafoestratigráfica laterítica (coberturas lateríticas), sobreposta ao embasamento cristalino (ortognaisses granodioríticos), correspondendo aos níveis mais elevados de dissecação no gráben, estruturando os tabuleiros desta porção da área de estudo (TAVARES, 2007). Ainda na porção leste do gráben, os arenitos da formação Beberibe (Cretáceo) estruturam tabuleiros entrecortados por vales cuja orientação principal é subperpendicular à linha de costa (Fig. 2).

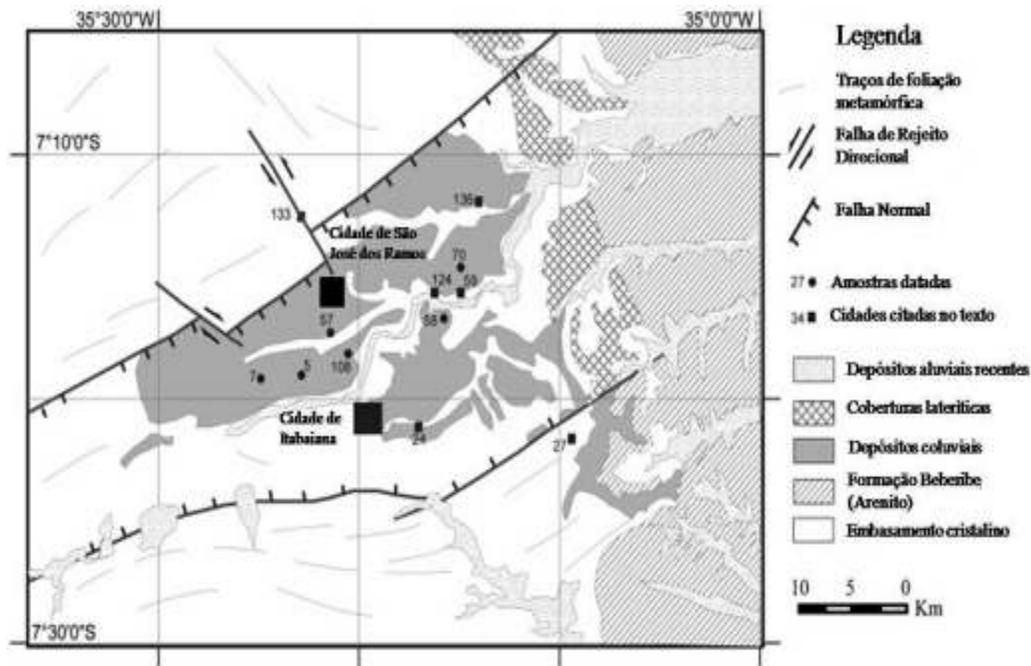


Figura 2 – Mapa estrutural do gráben do Cariatá. Adaptado de Bezerra et al. (2007)

Na parte central do gráben, depósitos coluviais estruturam pequenos divisores tabulares com o front voltado para a calha do rio Paraíba. Estes divisores possuem uma dissecação de média a baixa (TAVARES, 2007). Nestas unidades se fazem presentes duas litofácies distintas: o lamito (*mud-flows*) e o fluxo de detritos (*debris flows*). O lamito, que possui idades entre 160Ka e 28Ka Ap. (BEZERRA *et al*, 2007) apresenta grãos pobremente selecionados devido a grande variação das partículas constituintes, ocorrendo ora partículas mais grossas, ora partículas mais finas. A esfericidade média e alta dos grãos sugere que estes sedimentos sofreram transporte por distância moderada e alta. Esta unidade estrutura os topos tabulares. O fluxo de detritos, que possui idades entre 224Ka a 128Ka Ap. (BEZERRA *et al*, 2007) apresenta um lamito conglomerático, com predominância de seixos de quartzo e quartzito. Estes se distribuem em uma matriz psamítico-pelítica, com poucos contatos dos seixos entre si. Estes seixos, em geral, são arredondados e subangulosos. A matriz é representada por uma areia muito pobremente selecionada e esta unidade estrutura a base dos tabuleiros. Essa situação reflete o clima tropical semi-árido, onde os depósitos são resultados de processos, como erosão laminar com evacuação dos finos e fluxo de detritos de baixa viscosidade (BEZERRA *et al*, 2007). As idades encontradas para os materiais que estruturam os tabuleiros são do Pleistoceno médio com datas que variam entre 225Ka. e 20Ka. Ap (BEZERRA *et al*, 2007).



Os depósitos aluviais recentes estruturam terraços às margens dos principais rios que cortam os tabuleiros da região, estes modelados se localizam nas margens dos principais rios do gráben, como o Paraíba e o Mumbaba. O relevo suave indica que os sedimentos são mais arenosos e depositados pelo próprio rio. Este compartimento transita lateralmente para as superfícies de eversão de aspecto pediplanizado.

2 METODOLOGIA

Primeiramente foi feito um levantamento bibliográfico da área para uma melhor interpretação dos eventos ocorridos na região. Dentre os conceitos estudados, o de superfícies de erosão e aplainamento estão entre os mais importantes, tendo em vista que a área caracteriza-se pela individualização dos elementos morfoestruturais sobre os quais se sobrepõem algumas peculiaridades decorrentes dos sistemas morfoclimáticos vigentes e pretéritos. Estas características encontradas na área em relação às superfícies foram a principal ferramenta para fazer uma correlação com a abordagem geomorfológica clássica.

2.1 Modelo de paleosuperfície - Foi construído um modelo tridimensional de paleosuperfície, a partir da coleta de todos os pontos cotados do gráben e, em seguida, foi construída uma planilha com os valores desses pontos, com posterior confecção de um modelo de paleosuperfície no software ArcGis 9.1 e Surfer 8.0, de acordo com metodologia usada por Deffontaines (1990) e Johansson (1999). Após a confecção do modelo tridimensional, foi feita a sobreposição da drenagem para análise da dissecação contemporânea no gráben. É importante salientar que esses procedimentos são de extrema importância para se fazer uma análise do relevo antes da dissecação atual e, a partir dos knick points que separam superfícies em níveis topográficos distintos, quantificar as superfícies existentes na área.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da interpretação do Modelo tridimensional de paleosuperfícies, foi possível destacar a presença de quatro superfícies na área do gráben do Cariatá, listadas abaixo:

- **Superfície 1** - nível de cimeira associado aos horsts a norte, a sul e a oeste do gráben e composto por litologia representada pelos ortognaisses e migmatitos da Serra do



Jabitacá (Mesoproterozóico), pelo Complexo Gnáissico-migmatítico e pelo Complexo Sertânia, ambos do Paleoproterozóico. A altitude desse nível de cimeira varia de 300m a 650m;

- **Superfície 2** - superfície do gráben que corresponde aos tabuleiros neógenos e composta por lamito (com idades que variam dos 22.000Ka AP até os 109.000Ka AP) e por fluxo de detritos (com idades que variam dos 128.000Ka Ao até os 224.000Ka AP). Sua altitude varia em torno de 70 a 120 m;

- **Superfície 3** - superfície flexurada a leste do gráben (160 a 200 metros) e composta pelos sedimentos da Formação Beberibe do Santoniano/Campaniano que são sedimentos basais da Bacia PE/PB (Cretaceo-terciário);

- **Superfície 4** - superfície rebaixada a nordeste, logo após a captura do rio Paraíba, sugerindo que esta área rebaixada controlou a captura. A área tem em seu embasamento os ortognaisses e migmatitos Serra do Jabitacá (Mesoproterozóico) e também a presença dos depósitos aluviais do rio Paraíba, a altitude dessa superfície varia entre 10 e 40 m (Fig.3 e 4).

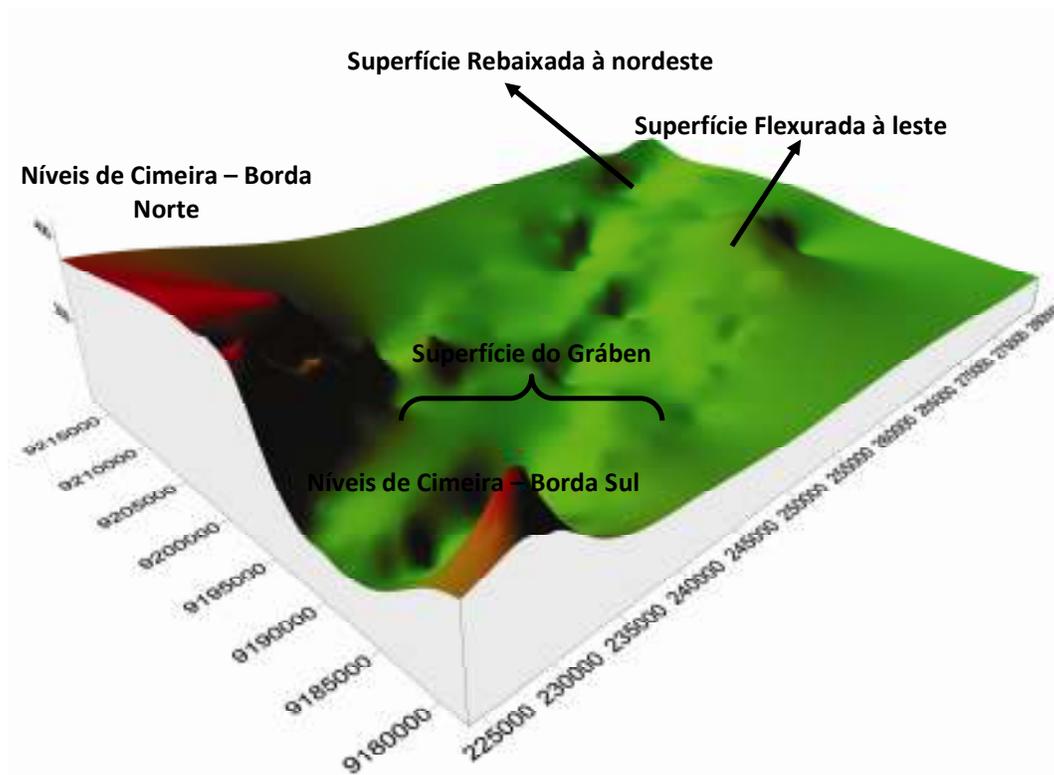


Figura 3 - Modelo 3D de paleosuperfície confeccionado no SURFER 8, com indicações das 4 superfícies encontradas na área.

A superfície do gráben é a mais vasta localmente, mas se esta e as demais forem confrontadas com as superfícies designadas a partir da interpretação geomorfológica clássica para a região (BIGARELLA e ANDRADE, 1964, 1965), nesse caso as superfícies do gráben seriam apenas três: o Pd2 de Bigarella (1965), ou superfície sul-americana (KING, 1956), toda a cimeira dos tabuleiros do gráben corresponderia ao Pd1 e a parte rebaixada à nordeste do gráben, ao terraço P2 (terraço superior do Ciclo Paraguaçu de King).

De fato, os materiais que estruturam o gráben não geraram um nível de erosão específico (glacis de erosão). Esses materiais vieram tanto dos horsts (norte e sul), como também da região flexurada a leste. Também a sua posição altimétrica entre os níveis das cimeiras e da região flexurada a leste não lhe garantem uma idade intermediária, já que essa superfície é a mais jovem. Logo, o quadro de paleo-superfícies, demonstra uma complexidade erosivo-deposicional, que não se adequou à interpretação das superfícies clássicas atribuídas à área, subvertendo assim a relação direta entre hipsometria e idade das superfícies, e a necessidade da geração de uma superfície erosiva a montante da área de acumulação (glacis de deposição). Neste caso constatou-se que não precisa haver uma cronologia contínua entre



as áreas fontes e as áreas deposicionais, podendo as primeiras permanecer como porções elevadas. Após o término da deposição, no entanto, ocorreu uma inversão do relevo do gráben, formando-se os tabuleiros dissecados que compõem a principal fisionomia morfológica da área.

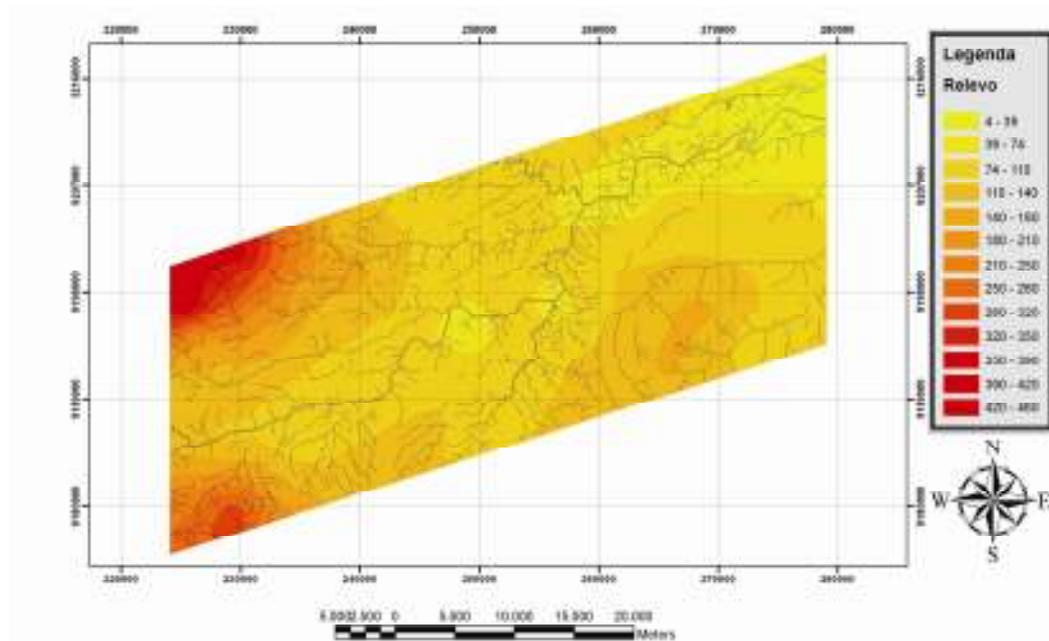


Figura 4 - Modelo de Paleosuperfícies construído no ArcGIS com a sobreposição da drenagem: knick points que separam superfícies em níveis topográficos distintos, quantificam as superfícies existentes na área.

4 CONCLUSÕES

A partir da análise do modelo, foi possível verificar a complexidade das superfícies do gráben, apresentando quatro superfícies bem marcadas: (1) o nível de cimeira associados aos horsts a norte, sul e oeste do gráben (altitude em volta de 300 à 900 m); (2) a superfície do gráben que corresponde aos tabuleiros neógenos (altitude variando entre 70 e 120 m); (3) a superfície flexurada a leste do gráben (altitude entre 160 e 200 metros); (4) a



superfície rebaixada a nordeste, logo após a captura do rio Paraíba, sugerindo que esta área rebaixada controlou a captura (altitude entre 10 e 40m).

De acordo com o analisado, provavelmente não se aplica ao gráben a interpretação clássica das superfícies de aplainamento definidas para o relevo do Nordeste oriental. Esta atribuiria para a área a existência de apenas três superfícies e, ainda assim com temporalidades muito distintas daquelas verificadas para os materiais que estruturam o gráben. A superfície dos tabuleiros confinados revela um complexo quadro erosivo-deposicional atuante no Pleistoceno-Superior, que não se coaduna às interpretações das superfícies clássicas, o que subverte a relação direta entre hipsometria e a idade presumida da superfície.

5 REFERENCIAS

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, 2007.

BIGARELLA J. J. & ANDRADE G. O. Contribution to the study of the Brazilian quaternary. In: WRIGHT Jr. H.E. & FREY D.G. *International studies on the Quaternary*. Geological Society of America, vol. 84: p. 443-451 (special paper), 1965.

BIGARELLA, J. J. & MOUSINHO, M. R. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvios e várzeas. *B. Paran. Geogr.*, Curitiba, 16/17: 153-197. 1965.

BRITO NEVES, B. B.; RICCOMINI, C.; FERANDES, T. M. G.; SANT'ANNA, L. G. O sistema tafrogênico Terciário do saliente oriental nordestino na Paraíba: um legado Proterozócio. *Revista Brasileira de Geociências*. v.34. n.1. p.127-134. 2004.

CORREA, A. C. B.; MENDES, I. A. O problema das superfícies de erosão: novas abordagens conceituais e metodológicas. *Revista de Geografia (Recife)*, Recife, v. 18, n. 2, p. 70-86, 2002.

CORREA, A. C. B. História geomorfológica dos compartimentos elevados do planalto da borborema, ne do brasil: a perspectiva da etchplanação. *Revista de Geografia (São Paulo)*, Recife - PE, v. 19, n. 01, p. 61-73, 2003.

DAVIS, W. M. The geographical cycle. *Geographical Journal*, V. 14. pp. 481-504, 1899

DEFFONTAINES, B. 1990. Digital terrain model and morpho-neotectonics application in the Strasbourg área, Rhyne graben, France. *Bull. INQUA N.C.* 13, p. 58-59



- DUARTE, C. C. Análise morfoestratigráfica do gráben do Cariatá. Monografia, UFPE. 45 p. 2007.
- JOHANSSON, M. Analysis of digital elevation data for palaeosurfaces in south-western Sweden. *Geomorphology* (26), 279-295 pp. 1999.
- KING, L. C. Canons of landscape evolution, *Geol. Soc. America Bulletin*, 64. pp. 721-732. 1953.
- KING, L. C. A geomorfologia do Brasil Oriental. *Revista Brasileira de Geografia*. 18(2), 147-265, 1956.
- KING, L. C. *The Morphology of the Earth*. Edinburgh: Ollier & Boyd, 1962.
- MABESOONE, J. M. Ciclicidade e relevo. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. V.1, p. 68-72. 2000.
- MABESOONE, J. N; NEUMANN, V. H. Cyclic development of sedimentary basins. *Science*, 517 p. 2005
- MABESOONE, J. N. Sedimentary basins of northeast Brazil, Recife. Fed. Univ. Pernambuco, Geol. Dept., Spec. Publ. 2, 308 p. 1994.
- PENCK, W. *Morphological analysis of landforms*. Macmillan and Co., Londres, Inglaterra. 1953.
- TAVARES, B. A. C. Análise dos controles estruturais sobre a compartimentação geomorfológica e a sedimentação neógena no gráben do Cariatá, PB. Monografia (Graduação Bacharelado em Geografia), UFPE: Recife, 2007.
- WAYLAND, E. J. Peneplains and some other erosional platforms. *Annual Report and Bulletin, Protectorate of Uganda, Geological Survey*, n.1. 1933.