

Evidência de tectonismo recente na região de Taquaruçú (MS) analisada por geoestatística (terraço baixo do rio Paraná)

Édipo Henrique Cremon ^{1,2}, Edvard Elias de Souza Filho ², Ismar Renan Alves de Andrade², José Antonio Arenas-Ibarra ²

¹ Bolsista PIBIC/CNPq/FA/UEM

edipocremon@yahoo.com.br

² Universidade Estadual de Maringá - Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente

UEM/GEMA - Avenida Colombo, 5790 - Bloco 024 - Bairro: Zona Sete

CEP: 87.020-900

Maringá/PR - Brasil

edvardmarilia@wnet.com.br; ismar_renan@yahoo.com.br; josearenas@yahoo.com

Abstract

The terraces of Paraná River show some evidences of the recent tectonic movements. However, to realize it is difficult because both poor preservation of unconsolidated deposits and little size of displacement. This paper analyzes the SRTM terrain elevation data of the Paraná River Low Terrace by geostatistical methods (kriging and trend surface analysis), in order to asses tectonic influences. This analysis showed that the low terrace was affected by tectonic movements occurred between 3,500 and 1,500 years BP.

Keywords: trend surface analysis, fluvial terrace, recent tectonics, Paraná River.

Resumo

Os terraços do rio Paraná apresentam evidências de movimentos tectônicos recentes, mas sua comprovação é dificultada pelo pequeno porte dos deslocamentos, e pela dificuldade da preservação de estruturas em sedimentos inconsolidados. A análise da posição relativa de superfícies deposicionais é uma opção para a identificação de blocos basculados, mas necessita de dados altimétricos confiáveis. Uma vez que a missão SRTM obteve esse tipo de informação, este trabalho pretende utilizar os dados de elevação do terreno do Terraço Baixo do rio Paraná para reavaliar a existência de tais movimentos e suas conseqüências. Para isso os dados de elevação do terreno foram refinados por meio de krigagem, e analisados por meio do uso de superfície de tendência. Os resultados demonstraram que o terraço baixo representa uma feição morfo-estrutural que foi afetada por movimentação ocorrida entre 3.500 e 1500 anos AP.

Palavras chave: Superfície de tendência, terraço fluvial, tectônica, rio Paraná.

1. Introdução

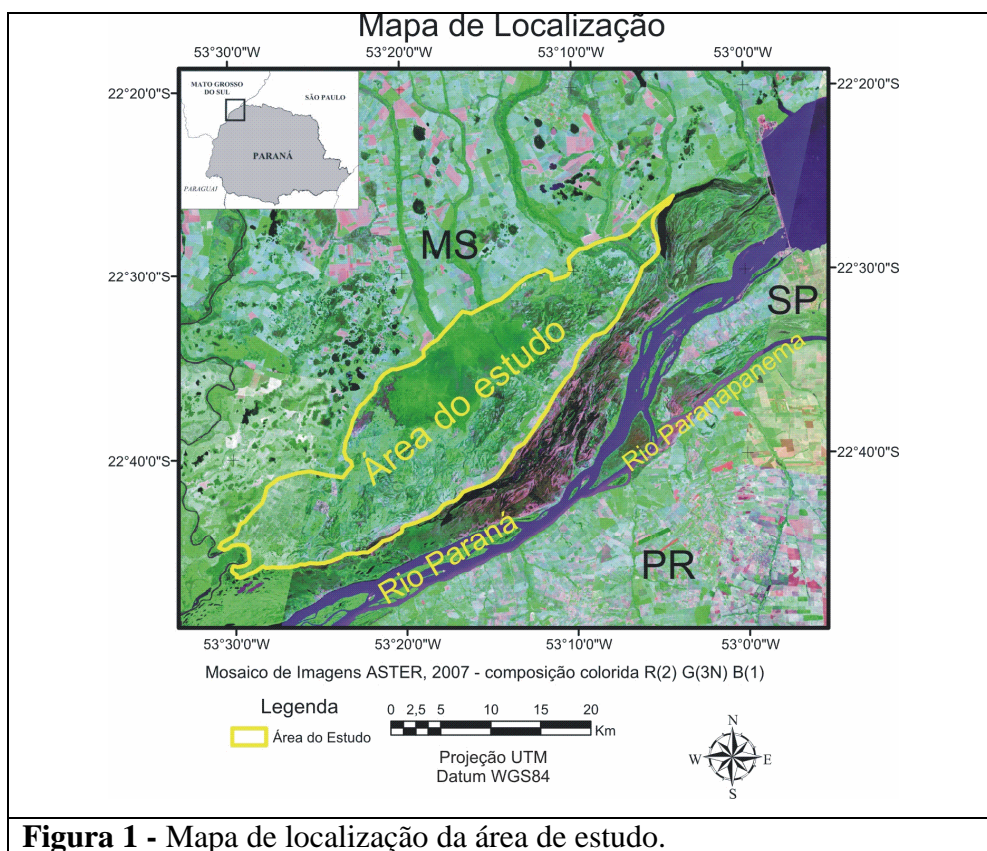
O presente estudo foi realizado no terraço aluvial do alto curso do rio Paraná, denominado de Terraço Baixo por Souza Filho (1993), e que faz parte de um conjunto de três terraços colúvio-aluviais presentes ao longo da borda sudeste do Estado do Mato Grosso do Sul, na divisa com o Estado do Paraná. A área estudada correspondente ao segmento compreendido entre o rio Baía e o

rio Ivinheima (figura 1), e faz parte de um conjunto que vem sendo pesquisado sistematicamente desde o final da década de 1980.

Na área situada a noroeste da foz do rio Paranapanema, no Estado do Mato Grosso do Sul, a calha fluvial do rio Paraná apresenta uma extensa planície fluvial e três distintos níveis de terraços. Tais formas foram denominadas por Souza Filho (1993), como Terraços Alto, Médio e Baixo, e por Stevaux (1994) por Unidades Taquaruçú, Taquaruçú/Ivinheima, e Fazenda Boa Vista, respectivamente.

Os terraços e a planície fluvial encontram-se basculados devido à movimentação diferencial ao longo de um conjunto de falhas que condicionam o curso dos principais rios da região, e definem blocos estruturais de diferentes portes (SOUZA FILHO, 1993; SOUZA FILHO & STEVAUX, 1997; 2004).

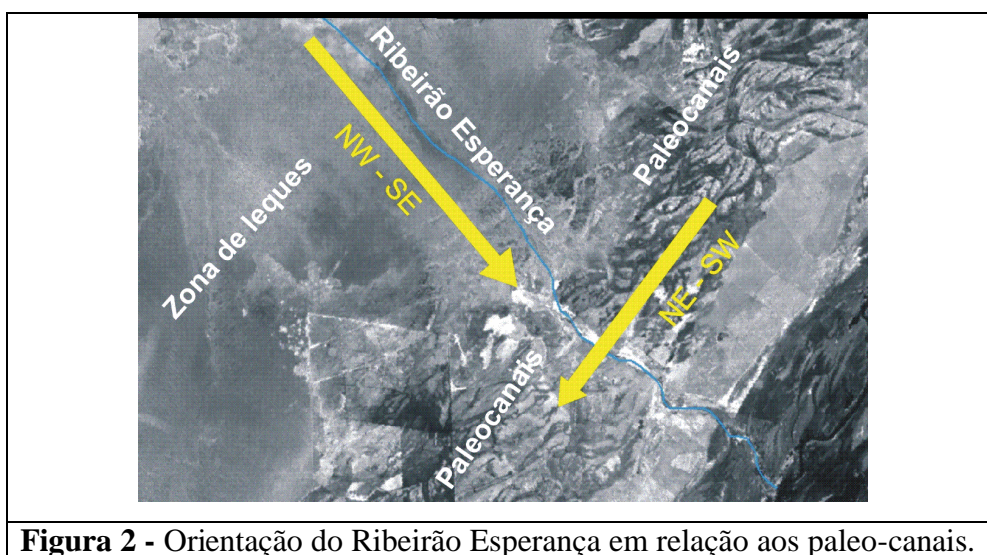
O Terraço Baixo foi caracterizado por Souza Filho & Stevaux (2002) como uma faixa contínua de cinco a quinze quilômetros de largura, situada entre três e sete quilômetros de distância do rio Paraná, constituindo uma forma embutida no Terraço Médio, desenvolvida durante o aprofundamento de drenagem que teria ocorrido a mais de 40.000 anos, e que teria dado origem à calha onde se encontra a atual planície fluvial do rio Paraná.



A superfície do Terraço Baixo é marcada por um conjunto de canais inativos dispostos na direção NE-SW, e por dois leques aluviais parcialmente superpostos, dispostos de NW para SE (Figura 2), originados a partir do córrego Baile e do ribeirão Esperança.

A diferença de direção entre os paleo-canais e os cursos do córrego Baile e do ribeirão Esperança foi atribuída por Souza Filho (1993) ao basculamento de blocos que teria deixado a superfície do Terraço Alto disposta a ENE-WSW com mergulho de 13 cm/km para NNW. De acordo com o autor, tal basculamento teria sido responsável pela eliminação do gradiente da drenagem do terraço baixo, e teria diminuído a declividade dos então afluentes desses rios, o atual Córrego Baile e o Ribeirão Esperança.

Contudo, as interpretações de Souza Filho (1993) foram baseadas em dados altimétricos regionais, e não há trabalhos mais detalhados sobre a área em questão, a não ser o de Fortes *et al.* (2005), cujos dados são oriundos das margens do rio Ivinheima, situado à oeste da porção estudada.



A falta de estudos detalhados está relacionada à dificuldade de obtenção de dados de campo, visto que a área é praticamente inacessível, e à ausência de dados altimétricos com densidade e precisão suficientes para a elaboração de modelos topográficos. Contudo, no ano 2000, a missão SRTM realizou um levantamento topográfico a nível mundial, e os dados altimétricos detalhados tornaram-se disponíveis.

Portanto, o objetivo deste trabalho é investigar a existência de evidências de tectonismo recente que teria afetado o Terraço Baixo do rio Paraná, utilizando a modelagem de valores altimétricos do Terraço Baixo como ferramenta.

2. Metodologia

O trabalho foi realizado com base no princípio de Ponte (1969), que “consiste de selecionar numa superfície topográfica, as áreas que provavelmente correspondem a uma mesma superfície deposicional e usá-las para identificar as variações em relação à sua posição original”.

O referido autor, e Souza Filho (1993) utilizaram esse princípio em análise regional, para identificar deslocamentos tectônicos da superfície de referência, porém, no presente caso, o mesmo princípio pode ser utilizado para a identificação de formas topográficas que não foram aplanadas ou de formas topográficas que foram geradas por deposição de sedimentos sobre a superfície de referência. Esse raciocínio é possível porque a área de estudo encontra-se dentro de um mesmo bloco estrutural, conforme Souza Filho (*op cit.*) e Souza Filho & Stevaux (1997, 2004).

A aplicação deste princípio, embora bastante utilizado na geologia, também é de grande valia na análise geomorfológica, tendo em vista sua aceitação na literatura, uma vez que permite detectar um padrão de uma determinada superfície (PAWLING, 1973; RHOADS *et. al*, 1984). Para sua aplicação, a delimitação da área de estudo deve ser muito bem definida, pois os valores altimétricos que se encontram fora da área de interesse podem influenciar no produto final gerado, com um resultado de pouca confiabilidade.

Para o desenvolvimento da pesquisa, os valores de elevação do terreno fornecidos pela SRTM foram analisados por meio da aplicação de superfície de tendência (*Trend Surface Analysis*). Por esta técnica, a superfície contínua da área a ser estudada é ajustada aos valores de elevação (“z”), tendo como produto um plano que nos representa a inclinação e a direção média da área amostrada.

Os dados da missão SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) são atualmente a melhor informação topográfica gratuita e de fácil acesso disponível, com distribuição na rede mundial de computadores através do endereço <<ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov>>. Os dados disponibilizados da missão SRTM, apresentam resolução espacial de 90 x 90 metros para a América do Sul, ou seja, cada pixel representa um espaço compreendido de 8100 m² da superfície terrestre.

Tais informações são bastante generalizadas para o estudo, mas os dados podem ser refinados por meio do uso de técnicas de geoestatística. O uso da krigagem (ou krigeagem)

permite a interpolação de dados com 90 metros de resolução espacial para permitir a elaboração de um novo modelo com 30 metros de resolução, conforme proposto por Valeriano (2004) com base na “teoria das variáveis regionalizadas”, formalizada por Matheron na década de 1970.

A linha de raciocínio adotada nesta etapa do trabalho, foi fundamentada no trabalho de Valeriano (*op. cit.*), utilizando-se as adaptações realizadas por Andrade (2008) quanto aos usos dos softwares para tal procedimento. Na figura 3 está exposto o fluxograma que representa a síntese do procedimento geoestatístico.

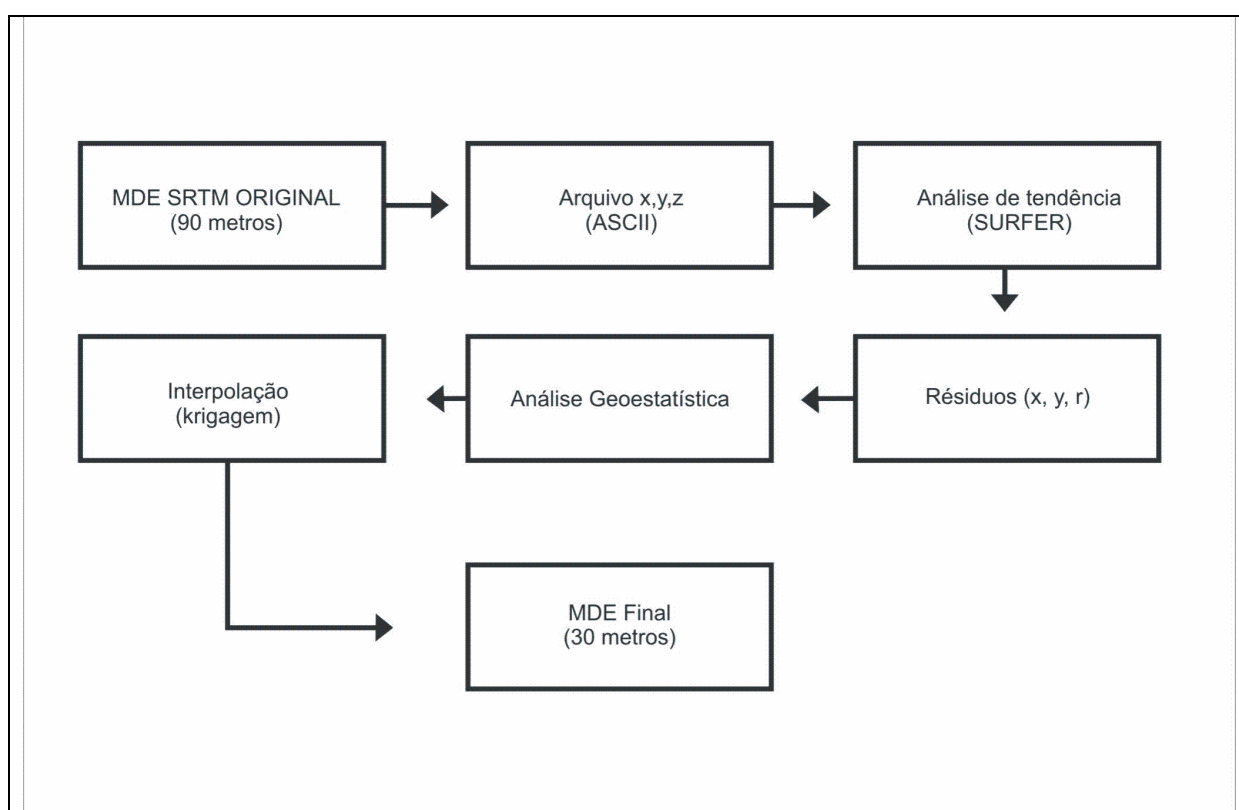


Figura 3 - Esquema da interpolação dos dados SRTM originais de 90m para um MDE de 30m (ANDRADE, 2008).

Os softwares utilizados foram o ENVI 4.2 e o Surfer 8. O primeiro permitiu a abertura do arquivo SRTM no formato original (HGT) e a exportação do quadrante inteiro do modelo digital do terreno (MDE), bem como a amostra da área em formato ASCII (planilha X,Y,Z). O Surfer 8 possibilitou todo o procedimento de krigagem, a elaboração da análise de tendência, a geração de resíduos, e a obtenção do variograma para sua utilização para a interpolação da cena inteira.

Os dados interpolados foram utilizados inicialmente para a obtenção da superfície de todo o Terraço Baixo, como forma de verificar a direção geral do conjunto, e sua declividade média. Em seguida, os dados de elevação do terreno relativos à superfície da área com paleo-canais e os relativos à área dos leques foram tratados separadamente, para que pudesse ser verificada a diferença de atitude entre as duas superfícies.

3. Resultados e Discussão

O tratamento dos dados de elevação de toda a área resultou em uma superfície disposta a NE-SW, com inclinação de 60 cm/km para SE (Figura 4). Tal gradiente é perpendicular ao do rio Paraná, e à orientação dos paleo-canais do Terraço Baixo, mas é paralelo ao curso do Córrego Baile e do Ribeirão Esperança, além de possuir o mesmo sentido de caimento do topo dos leques.

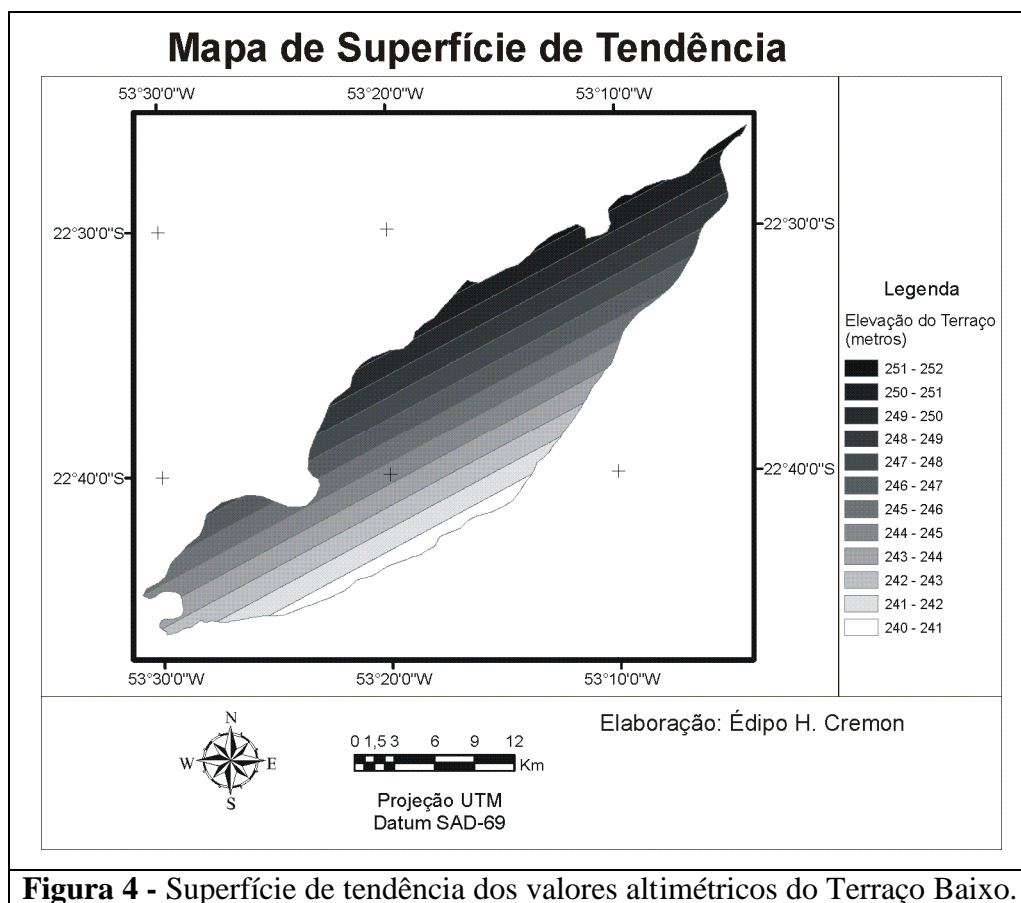


Figura 4 - Superfície de tendência dos valores altimétricos do Terraço Baixo.

Essa disposição indica que a superfície de tendência obtida para toda a unidade está fortemente influenciada pelos dados de elevação dos leques. Para testar essa possibilidade, a superfície foi comparada com as superfícies obtidas por Andrade (2008) para a planície fluvial adjacente à área estudada (figura 5).

A comparação da disposição das superfícies demonstra que não só as direções são diferentes, mas o sentido de inclinação é contrário. Dessa forma, ou a disposição geral do terraço médio encontra-se influenciada pelos leques, ou há movimento relativo entre os dois conjuntos.

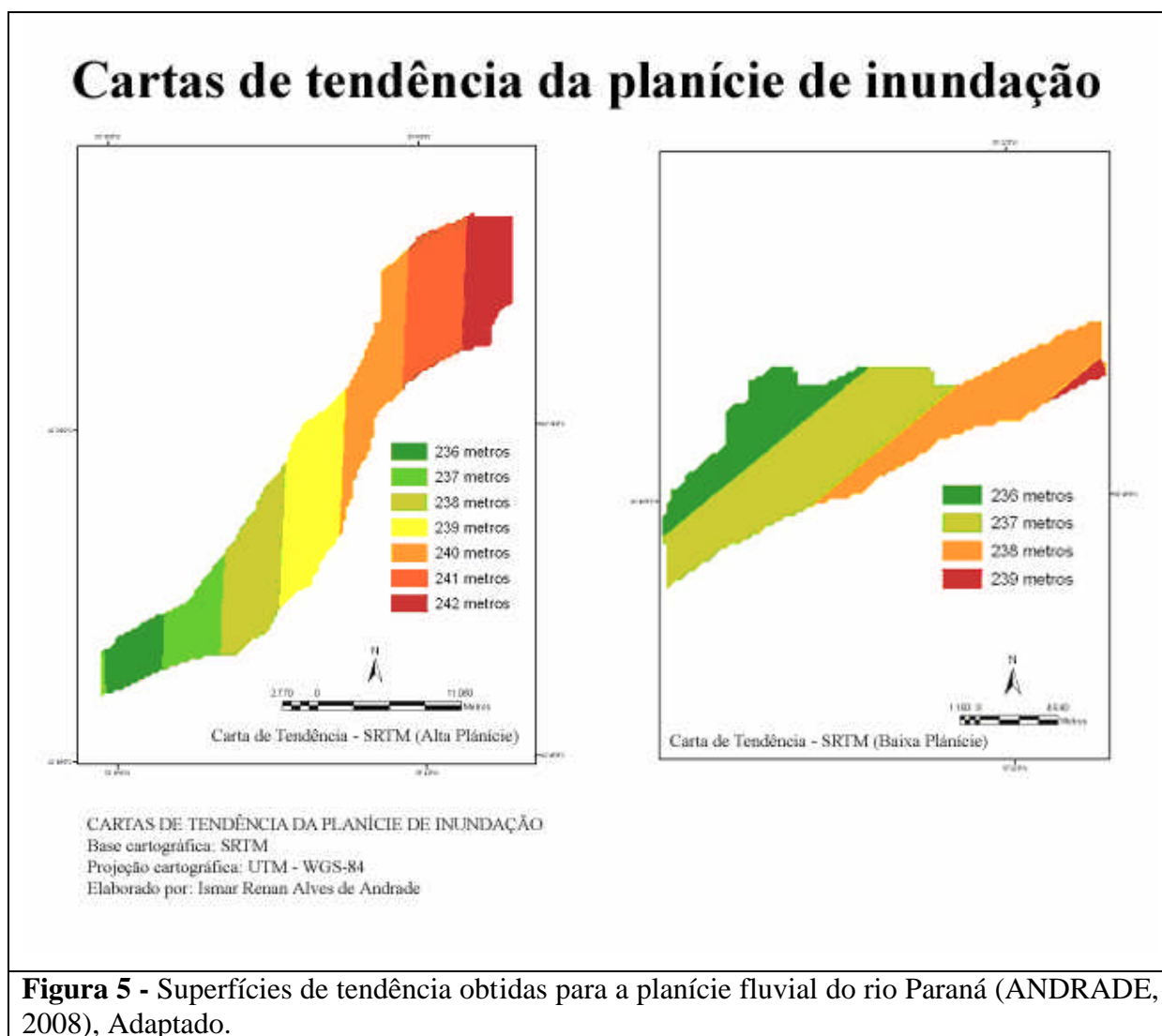


Figura 5 - Superfícies de tendência obtidas para a planície fluvial do rio Paraná (ANDRADE, 2008), Adaptado.

Uma vez que Fortes *et al.* (2005) considera que os diferentes níveis de terraço estão compartimentados por falhamentos paralelos ao rio Paraná, essa possibilidade foi testada por meio da elaboração de superfícies de tendência dos dados altimétricos dos leques e da área

restante do Terraço Baixo. Os resultados desse tratamento estão apresentados na figura 6, que reúne ambas as superfícies de tendência.

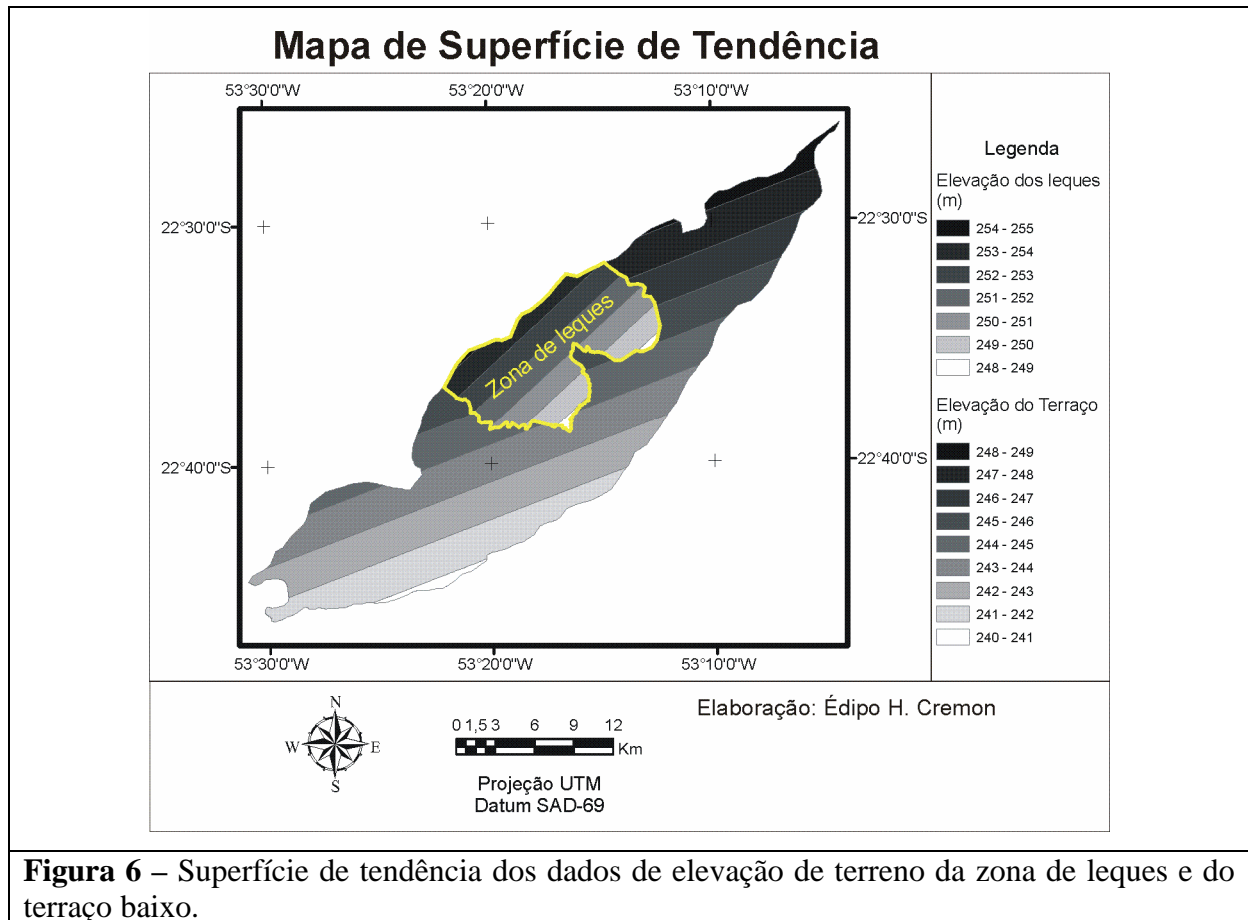


Figura 6 – Superfície de tendência dos dados de elevação de terreno da zona de leques e do terraço baixo.

O resultado, exposto na figura 6, demonstra que a superfície obtida pelos dados de todo o terraço foi afetada pelos dados da área de leques. Contudo, a superfície obtida pelos dados da área de paleo-canais do Terraço Baixo possui direção semelhante à dos paleo-canais (NE-SW) e caimento para SE, transversal à direção dos paleo-canais.

Tal posicionamento indica que o terraço baixo foi basculado em um período posterior ao desenvolvimento dos paleo-canais. Essa nova posição teria influenciado a implantação da drenagem disposta de NW para SE, e o desenvolvimento dos leques aluviais quando em condição de clima seco.

Uma vez que os paleo-canais estão implantados sobre sedimentos depositados entre 42.580 e 31 140 anos BP, e possivelmente desenvolveram-se durante o evento úmido ocorrido entre 7.500 e 3.500 anos BP (STEVAUX *et al.*, 2004), o basculamento deve ter ocorrido a

menos de 3500 anos, provavelmente no início do evento árido responsável pelo desenvolvimento dos leques.

Por outro lado, a diferença de posição da inclinação do terraço alto (sentido NNW), do terraço baixo (sentido SSE), da planície (sentido W ou WNW na parte montante e NW na parte jusante) indica que tais conjuntos encontram-se em blocos estruturais distintos, reforçando a proposição da existência de falhas dispostas em posição paralela ao rio Paraná (FORTES *et al.* 2005).

4. Conclusão

O uso de modelagem de dados de elevação do terreno mostrou-se bastante eficiente para a identificação de evidências de tectonismo na área de estudo, e a técnica deve ser mais explorada para tal finalidade.

Os resultados obtidos demonstram que a calha fluvial do rio Paraná encontra-se afetada por um conjunto de falhas que definem blocos estruturais menores que os até então identificados, e que a planície e os diversos terraços possuem controle estrutural, representando feições morfo-estruturais.

Portanto, os terraços não representam apenas a resposta da evolução da rede de drenagem submetida à alternância de condições úmidas e secas, mas também são formas resultantes das movimentações tectônicas ocorridas no Quaternário.

Por fim, foi possível verificar que o Terraço Baixo sofreu pelo menos um basculamento tectônico, e que este evento data de menos de 3.500 anos e mais de 1.500 anos. A definição mais precisa poderá ser feita quando forem obtidas as idades dos depósitos dos paleo-canais e dos leques.

5. Referências

ANDRADE, I. R. A. (2008) **O uso de técnicas de sensoriamento remoto na identificação de formas na região de Porto Rico, planície de inundação do Alto rio Paraná MS/PR.** Dissertação de Mestrado apresentado junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, UEM, Maringá (inérita).

FORTES, E., STEVAUX, J. C. e VOLKMER, S. (2005) Neotectonics and channel evolution of the Lower Ivinhema River: A right-bank tributary of the upper Paraná River, Brazil. In: **Geomorphology**, 70:325-338.

LANDIM, P.M B e CORSI, A. C. (2001) **Cálculo de superfície de tendência, por regressão polinomial, pelo SURFER 6**. DGA,IGCE,UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatématica, Texto Didático 05, 11 pp. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>. Acessado em: 9 nov. 2007.

PAWLING, J. P. (1973) Trend surface analysis of a local relief in the southern peninsula of Michigan. In: **The Professional Geographer**. 25(3):226-232.

PONTE, F.C. (1969) **Estudo morfo-estrutural da bacia Alagoas- Sergipe**. PETROBRAS, Bol. Téc. Petr., Rio de Janeiro, 12(4): 439-474.

RHOADS, B. L et. al. (1984) Trend Surface Analysis of a Glacially buried Pleistocene organic deposits in central Michigan. In: **The Professional Geographer** 36(1):64-73.

SOUZA FILHO, E. E. (1993) **Aspectos da Geologia e Estratigrafia dos Depósitos Sedimentares do Rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guaíra (PR)**, Tese de doutorado - Inst. Geociências, USP, São Paulo: 214 pp.

SOUZA FILHO, E.E. e STEVAUX, J.C. (1997) Geologia e geomorfologia do complexo rio Baía, Curutuba, Ivinheima. In: VAZZOLER, A.E.A. de M.; AGOSTINHO, A.A. & HAHN, N.S. (org) **A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná**. Eduem, Maringá, 460 pp.

SOUZA FILHO, E.E. e STEVAUX, J. C. (2002) **A Geomorfologia da Área Ribeirinha ao Rio Paraná no Segmento entre os Rios Paranapanema e Ivinheima (PR e MS)**. Relatório PELD - EDUEM, Maringá.

SOUZA FILHO, E. E. e STEVAUX, J. C. (2004) Geology and Geomorphology of the Baía-Curutuba-Ivinheima Complex. In: THOMAZ, S. M., AGOSTINHO, A. A. e HAHN, N. S. (org.) **The Upper Parana River and its floodplain: Physical aspects, Ecology and Conservation**. Backhuys publishers, Leiden, The Netherlands, 1 ed.:01-29.

STEVAUX, J.C. (1993) **O rio Paraná: geomorfogênese, sedimentação, e evolução quaternária do seu curso superior (região de Porto Rico, PR)**. Tese de doutorado - Inst. Geociências, USP, São Paulo: 242 pp.

STEVAUX, J. C., SOUZA FILHO, E. E., MEDEANIC, S. e YAMSKIKH, G. (2004) The Quaternary history of the Upper course of the Parana River. In: THOMAZ, S. M., AGOSTINHO, A. A. e HAHN, N, S. (org.) **The Upper Parana River and its floodplain: Physical aspects, Ecology and Conservation**. Leide **The Upper Parana River and its floodplain: Physical aspects, Ecology and Conservation**. Backhuys publishers, Leiden, The Netherlands, 1 ed.:31-53.

VALERIANO, M. M. (2004) **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos: 72 p. (INPE-10550-RPQ/756). Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/rep-/sid.inpe.br/sergio/2004/06.30.10.57>>. Acesso em: 12 set. 2007.