

## GERAÇÃO DE MAPA DE DECLIVIDADES PARA O ESTADO DO MARANHÃO COMO BASE PARA ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO

HOTT, M. C.; <sup>1</sup>CRISCUOLO, C.; <sup>2</sup>VALLADARES, G. S.

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi apresentar metodologia empregada na geração de um mapa digital de declividades para o Estado do Maranhão, como base para o Zoneamento Ecológico-Econômico. A base de dados foi gerada a partir de modelo digital de elevação SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com correções realizadas pela FAO (*Food and Agriculture Organization*). Foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas ArcGIS 9.0 para o tratamento do modelo digital e geração das declividades em porcentagem, executando-se posteriormente os processos de filtragem, reclassificação e refinamentos para eliminação de áreas indesejadas. Os resultados mostraram que a metodologia de refinamento permitiu um delineamento eficiente das classes de declividades, denotando um predomínio de terras com baixa declividade. O mapa de declividades juntamente com o mapa pedológico e outras informações apoiarão o zoneamento a ser realizado.

**PALAVRAS-CHAVE:** declividades, modelo digital de elevação, SIG.

### SLOPE MAP PRODUCTION FOR MARANHÃO STATE, BRAZIL AS BASE FOR ECOLOGICAL-ECONOMIC ZONING

**ABSTRACT:** The aim of this work was to present methodology used in the generation of a digital slope map of Maranhão State in Brazil, as base for Ecological-Economic Zoning. The database was generated from SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) digital elevation model with corrections made by FAO – Food and Agriculture Organization. The Geographic Information System ArcGIS 9.0 was used to treat the digital model and to generate slope map in percentage, later executing the filtering, reclassification and refinement process for elimination of undesired areas. The results had shown that the refinement methodology allowed an efficient delineation of the slope classes, denoting a predominance of lands with low slope. The slope map together with pedological map and other information will support the zoning to be carried out.

**KEYWORDS:** slope, digital elevation model, GIS.

**INTRODUÇÃO:** As informações morfométricas do terreno ou superfície são muito importantes na derivação de feições hidrológicas e topográficas e aplicadas em estudos diversos, tais como na

<sup>1</sup> Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental, Pesquisadora II – Embrapa Monitoramento por Satélite.

<sup>2</sup> Doutor em Ciência do Solo, Pesquisador III – Embrapa Monitoramento por Satélite.

delimitação de áreas de preservação permanente (Hott et al., 2005), na determinação de parâmetros que podem indicar tipos de solos (Valladares; Hott, 2006), no estudo da aptidão agrícola das terras e no mapeamento da susceptibilidade à erosão dos solos.

No contexto do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão detectou-se a necessidade de produzir um mapa de aptidão agrícola das terras e, como pré-requisito, um mapa de declividades que pudesse apoiar sua elaboração. Como forma de atender a esta demanda, optou-se pela utilização dos dados da plataforma SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*).

Com o advento da missão de levantamento altimétrico por radar realizada no ano 2000 pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), a bordo da nave *Endeavour*, as grandes lacunas em termos de altimetria no Brasil puderam ser preenchidas. Transportando um radar de abertura sintética (SAR) e operando com antenas separadas em uma distância fixa na plataforma (baseline), a nave coletou dados que permitiram a geração da topografia (Zyl, 2001).

Nessa missão, os dados foram adquiridos nas bandas X e C e as informações altimétricas da superfície foram processadas através de interferometria com a geração de modelos digitais de elevação bastante precisos considerando-se uma escala global, com 16 metros de precisão vertical.

Os dados do SRTM constituíram a base sobre a qual o mapa de declividades foi produzido, no entanto, na fase de processamento, os dados brutos tiveram que ser corrigidos. Essa correção foi realizada pela FAO (*Food and Agriculture Organization*) e incorporada à base de dados original, sendo os procedimentos metodológicos utilizados para a elaboração do mapa de declividades resultante encontram-se descritos neste trabalho.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A correção do MDE SRTM no que diz respeito às áreas sem informação (ou com valores nulos) foi realizada pelos técnicos da FAO, que também fizeram a inserção de planos nas áreas de lagos e a eliminação de picos espúrios.

Os dados foram obtidos do GLCF (*Global Landcover Facility*) para todo o território brasileiro, nos quais foram inseridas as informações interpoladas pela FAO, ou seja, os dados originais do SRTM receberam valores de pixels referentes às áreas sem informação, mantendo-se o restante.

No processo de correção global efetuado pela FAO, os pixels referentes às áreas de oceanos foram determinados a zero, os lagos maiores que 600 metros de comprimento foram preenchidos com um valor constante de altitude, os rios maiores que 183 metros de largura foram aprofundados e as ilhas com eixo maior que 300 metros ou com relevo superior a 15 metros foram identificadas.

Nas bordas, os pixels foram ajustados e nas áreas vazias, com número de pixels contínuos igual ou inferior a 16, os mesmos foram interpolados a partir dos valores da vizinhança. Nas áreas vazias com número superior a 16 pixels foram interpoladas usando SRTM30 (base de dados GTOPO30 – MDE mundial com resolução de 30 segundos de arco ou 1 km – interpolado com o SRTM).

Os picos ou pontos que excederam 100 metros foram eliminados. Foram geradas curvas de nível com equidistância de 10 metros a partir do SRTM, previamente tratado e as curvas foram utilizadas em uma interpolação usando o módulo Topogrid do Arc/INFO (os parâmetros e tolerâncias não foram informados).

Os dados do MDE corrigido pela FAO foram usados para preencher as áreas vazias no MDE original. A partir do MDE corrigido foi efetuado o recorte dos dados para o Estado do Maranhão, utilizando base vetorial. O MDE do Estado foi então processado para a derivação das declividades usando o comando *Slope* do ArcGIS 9.0, o qual trabalha com uma máscara de 3x3. Posteriormente, o mapa com as declividades foi suavizado com um filtro de média e reclassificado nas classes apresentadas na tabela 1.

O mapa com as declividades reclassificadas foi então refinado, eliminando-se regiões contíguas das classes com áreas inferiores ou iguais a 20 hectares. Esta etapa foi importante para eliminação de confusões provocadas por feições de caráter local, como por exemplo a influência do dossel de áreas de reflorestamento e micro relevos que foram captadas pelos sensor como variações altimétricas do relevo.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A Figura 1 apresenta graficamente, em paleta colorida, o MDE produzido para o Estado do Maranhão, bem como uma região ampliada que possibilita melhor visualização do relevo após aplicação de realce. A paleta utilizada para representação dos dados realçados é recomendada pelo Departamento de Levantamento Geológico dos Estados Unidos (USGS). Por meio do relevo realçado consegue-se visualizar e avaliar a existência de áreas declivosas ou relevos pouco pronunciados e compará-las com o mapa de declividade.

Na Figura 2 encontram-se os resultados intermediários no processo de geração do mapa de declividades, nos quais observa-se a aplicação do tratamento de refinamento ao mapa inicialmente produzido.

Na área de estudo predominam terras com baixa declividade (Tabela 1), e esta característica pode favorecer a sustentabilidade do agronegócio, pois pode indicar solos de menor susceptibilidade à erosão e maior viabilidade de mecanização. Porém para se definir sua aptidão agrícola outros fatores limitantes devem ser considerados como: excesso de água, pedregosidade, rochosidade, fertilidade natural, clima e outros atributos do solo.

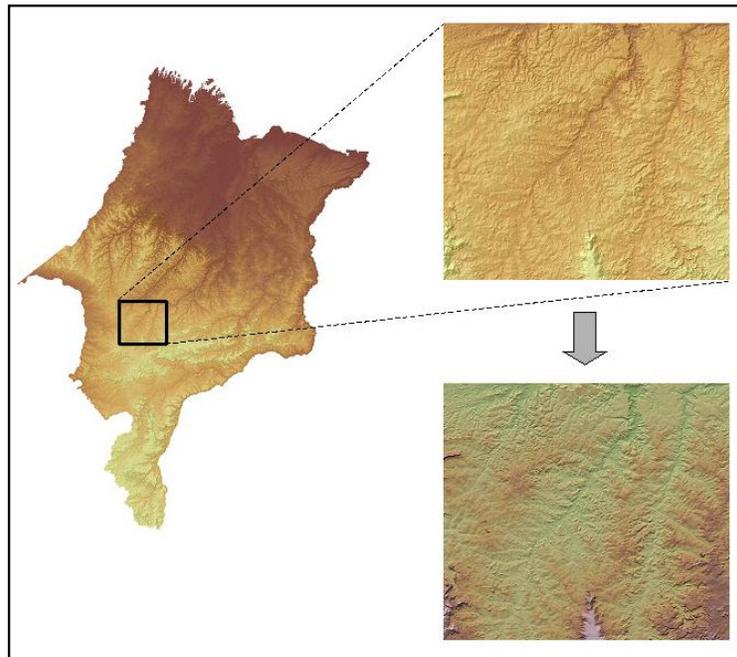


Figura 1 – Representação gráfica do MDE do Estado do Maranhão e aplicação de realce ao relevo.

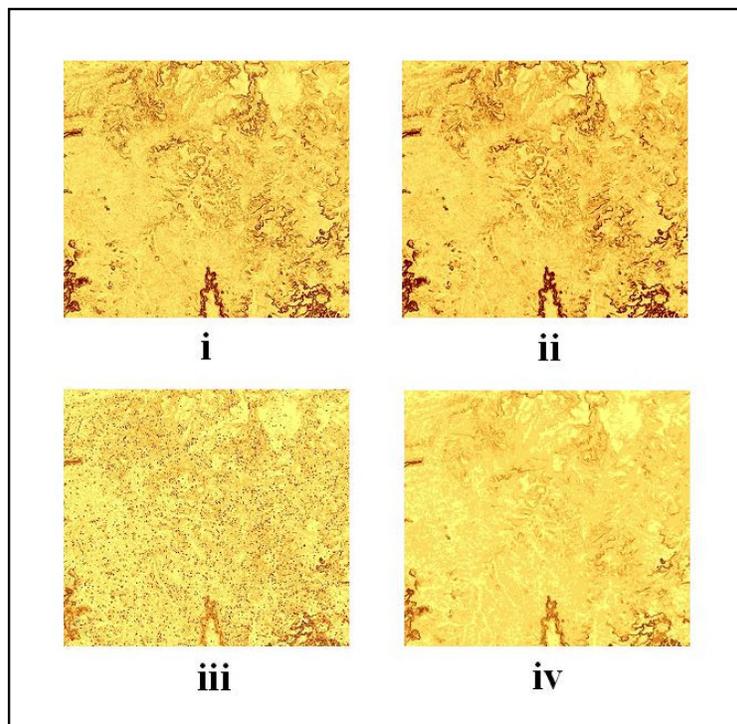


Figura 2 – i) Declividade bruta ii) declividade suavizada iii) mapa reclassificado iv) mapa final de declividades reclassificado e refinado.

Tabela 1. Classes de declividade e área ocupada no Estado do Maranhão.

Nome da Classe	Declividade (%)	Área (%)
Plano	0-3	40
Suave ondulado	3-8	41
Moderadamente ondulado	8-13	10
Ondulado	13-20	5
Forte ondulado	20-45	4
Montanhoso ou escarpado	>45	<1

**CONCLUSÕES:** O método empregado mostrou-se eficaz na geração do mapa de declividades para o Estado do Maranhão e no refinamento do mesmo para a escala compatível com 1:250.000. A suavização e refinamento para o mapa de declividades reclassificado, possibilitou a generalização das classes de declives, próprias para a resolução espacial do MDE, sem alterar a declividade predominante. Verificou-se que as áreas com relevo plano e suave ondulado abrangem a maior parte do Estado do Maranhão. As informações geradas como resultado desse trabalho apoiarão a classificação da aptidão agrícola das terras para o Estado, no contexto do Zoneamento Ecológico e Econômico.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- HOTT, M. C.; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, E. E. de. Um método para a determinação automática de áreas de preservação permanente em topos de morros para o Estado de São Paulo. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. São José dos Campos : INPE, 2005. p. 3061-3068.
- VALLADARES, G. S.; HOTT, M. C. GIS and geomorphometry to pedological mapping. In: 2nd Global Workshop on Digital Soil Mapping, 2006, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- ZYL, J.J. The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM): a breakthrough in remote sensing of topography. *Acta Astronautica*, v. 48, p. 559-565, 2001.