

## **Efeitos da resolução espacial de dados SRTM na descrição de terrenos obtida pelo modelo HAND (*Height Above the Nearest Drainage*) – estudo de caso em Manaus/AM**

Grasiela de Oliveira Rodrigues<sup>1</sup>  
Antonio Donato Nobre<sup>1,2</sup>  
André Carvalho Silveira<sup>1</sup>  
Luz Adriana Cuartas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515, CEP 12227-010, São José dos Campos - SP, Brasil  
[grasielarodrigues@gmail.com](mailto:grasielarodrigues@gmail.com), [andrecavalhosilveira@gmail.com](mailto:andrecavalhosilveira@gmail.com), [adriana.cuartas@inpe.br](mailto:adriana.cuartas@inpe.br)

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA  
Av. André Araújo, 2936, Aleixo, CEP 69060-001, Manaus – AM, Brasil  
[anobre27@gmail.com](mailto:anobre27@gmail.com)

**Abstract.** This paper shows the application of the SRTM topographic data of 30 and 90 meters of spatial resolution in the model of terrain HAND (*Height Above the Nearest Drainage*), developed at the National Institute for Space Research, reveals that the hydrological characteristics of the landscape. The HAND classification model shows potential representation of the landscape when it is normalized with respect to drainage. The study area is located in Central Amazonia (Brazil), has about 47 thousand square meters and involves the confluence of the Negro and Solimoes Rivers that form the Amazon River. HAND model was applied in two resolutions described and the results were classified according to four classes with hydrological significance, called HAND classes (class 1, waterlogged; class 2, ecotone; classe 3, slope and class 4, plateau). Comparing the two HAND mappings, the interference of the forest canopy and outbreaks of deforestation is greatest in the finer scale, adding errors. In local analysis, the data of 30 meters provides more information than the 90 meters, but on global scales, data from 90 meters are best. The classes slope (class 3) and plateau (class 4) are the ones that suffer the most influence with the spatial resolution of the data.

**Palavras-chave:** HAND, SRTM, resolution spatial, drainage.

### **1. Introdução**

Desenvolvido no INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, o descritor de terrenos HAND – *Height Above the Nearest Drainage* (Nobre et al., 2010 e Rennó et al., 2008) insere na compreensão da paisagem uma abordagem que relaciona hidrologia e geomorfologia através da normalização de dados topográficos. A cota topográfica é então considerada em relação à rede de drenagem e esta normalização gera grandes implicações, dentre as quais permite que sejam comparados terrenos separados topograficamente e tem capacidade de prever a água contida no solo. Alguns estudos têm mostrado de modo indireto que a topografia exerce influência sobre a vegetação, uma vez que determina as feições hidrológicas, variações de disponibilidade hídrica, distribuição dos tipos de solo e topoclimas (Bispo e Valeriano, 2009).

Assim, pelo fato dos mapas resultantes da aplicação deste modelo ter significados hidrológicos, é possível compreender a biodiversidade da paisagem, revelando áreas aptas para o desenvolvimento de determinadas culturas de acordo com as suas características fisiológicas (tamanho e alcance das raízes no solo) e disponibilidade de água local, pois a relação entre relevo, solo e hidrografia condicionam, juntamente com outras variáveis, diferenças na estrutura e da vegetação (floresta de platô: árvores que atingem 35 a 40 metros; vertente: 25 e 30 metros; baixio: 20 a 35 metros) (Pic et al., 2007).

O modelo HAND tem sido empregado em vários trabalhos com o intuito de corroborar no desenvolvimento e compreensão de cenários cujos principais objetivos têm vistas ao

planejamento e ordenamento do território. Um dos mais comentados e que proporcionou resultados com maior visibilidade é o Projeto Megacidades (Para evitar novos flagelos: Revista FAPESP - Ereno, 2010 e Silveira et al., 2010) – onde foram definidas e validadas áreas propensas a enchentes/alagamentos e desmoronamentos/desbarrancamentos. Os resultados puderam compor cenários cujas projeções possibilitaram definir os locais onde o crescimento urbano poderia se expandir evitando novos desastres e prejuízos à população, inclusive com perdas de vidas.

Ele utiliza dados topográficos na forma de Modelos Digitais de Superfície (do inglês, DSM - *Digital Surface Model*) os quais são fundamentais na modelagem de muitos problemas ambientais (Shumann, 2008), constituindo importante fonte de informação da paisagem na verificação das variações da superfície da terra.

A *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) atualmente é o mais completo conjunto de dados de elevação em uma escala quase global (cobertura de 80% da superfície da Terra) obtido por interferometria (Rodriguez et al., 2005) e realizada em conjunto pela agência espacial norte-americana (*National Aeronautics and Space Administration* - NASA), a *National Geospatial-Intelligence Agency* (NGA), o Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD) e as agências espaciais alemã (*Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt* - DLG) e italiana (*Agenzia Spaziale Italiana* - ASI) em fevereiro de 2000 (Grohmann et al., 2008).

Os dados brutos foram processados pela NASA e, apesar de obtidos com resolução espacial de 1 segundo de arco (aproximadamente 30m no Equador), estão disponíveis com este nível de detalhe apenas para a área dos Estados Unidos. Para os outros países, houve reamostragem dos dados para 3 segundos de arco (aproximadamente 90 m) de resolução espacial (Grohmann et al., 2008), o que pode ser considerado razoável para escalas pequenas ou médias, mas não é aconselhado para estudos detalhados. O produto final possui precisão vertical global de  $\pm 16$  m e horizontal de  $\pm 20$  m (Rabus et al., 2003). Para a América do Sul, a precisão vertical é de 6,2 m e a horizontal de 9,0 m (Rodriguez et al., 2006).

A qualidade das aplicações está relacionada com a acurácia do DSM (Thompson et al., 2001), em função da sua resolução horizontal, do método utilizado para a obtenção dos dados de altitude, da complexidade da paisagem que está sendo representada, dentre outros parâmetros. Por atuar na região de microondas do espectro eletromagnético, o radar não precisa de luz solar para o imageamento e sofre pouca influência das condições atmosféricas, possibilitando a elaboração de mapas topográficos em regiões com condições atmosféricas desfavoráveis, como é o caso da Região Amazônica (Pic et al., 2007). Porém, por se tratar de um dado de banda C, o DSM gerado não é fiel a topografia, pois sofre influência da vegetação (Kellndorfer et al., 2004). Assim, conforme Valeriano et al. (2005), em áreas com cobertura florestal, o dossel é um importante fator a ser considerado na modelagem do relevo a partir de dados extraídos do SRTM.

Este artigo avalia as alterações nos mapas HAND, para área localizada na Amazônia Central, quando são utilizados dados topográficos com resolução espacial de 30 e 90 metros. Verificar-se-á a influência destas alterações e a contribuição da resolução espacial na modelagem HAND.

## 2. Materiais e método

A área definida neste estudo está na Amazônia central, envolvendo a confluência dos rios Solimões e Negro que formam o Amazonas (compreendida pelas coordenadas 59° e 61,5° Oeste e 2° e 4° Sul) (Figura 1), responsável por cerca de 15% de toda água doce despejada nos oceanos (Almeida Filho et al., 2005). Envolve uma região com vastas áreas de terra firme e também com representações importantes de terrenos baixos (Nobre et al., 2010). Excetuando-

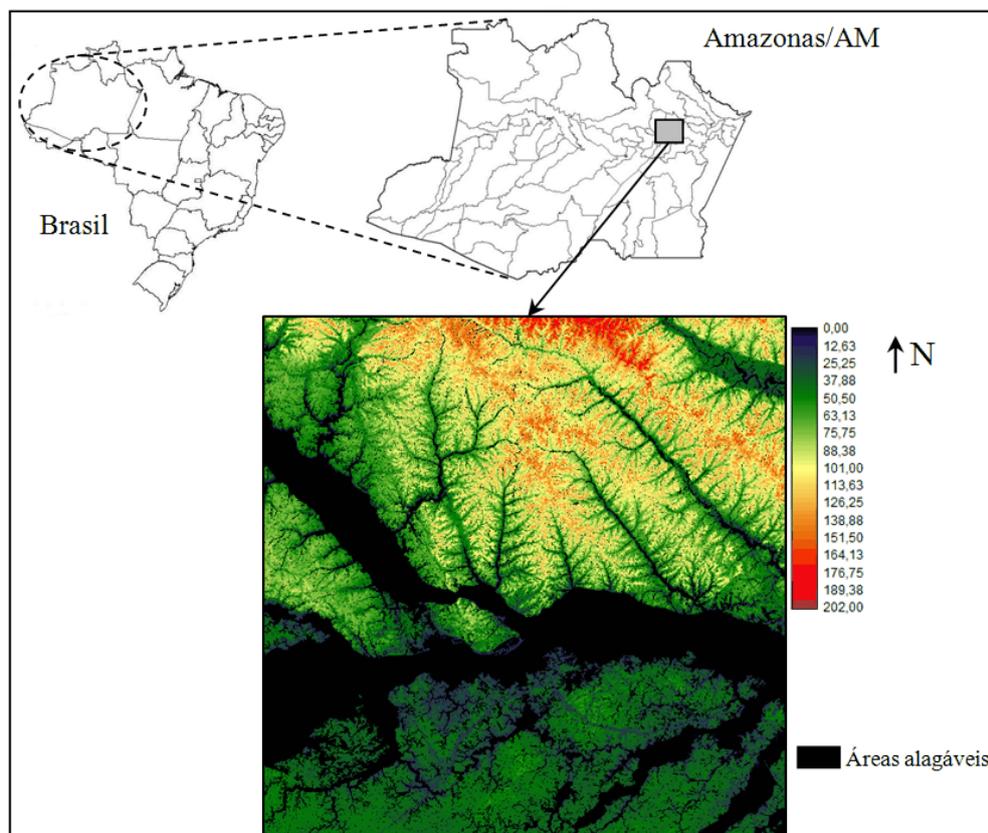


Figura 1. Localização da área de estudo.

se os grandes rios, as drenagens da área são de bacias locais. No centro da área de estudo encontra-se a capital do estado do Amazonas, Manaus.

Foram utilizados dados topográficos SRTM com resolução espacial de 30 metros, fornecidos por Larry Tieszen (US *Geological Survey*, *SRTM Data Repository*) e dados com 90 metros disponibilizados para download no domínio de rede dos Centros de Investigação Internacional – CGIAR (*International Research Centers*) pioneiros na aplicação de Sistemas de Informação Geográfica (GIS) e Sensoriamento Remoto (RS) para o desenvolvimento agrícola sustentável (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização dos dados SRTM utilizados.

Identificação (pelo tamanho aproximado do pixel)	Tamanho do pixel (em segundos de arco)	Tamanho do pixel (em metro)	Número de Linhas	Número de colunas
SRTM_90 m	3	(92.71 x 92.15) m	2401	2401
SRTM_30 m	1	(30.90 x 30.72) m	7201	7201

Foi feito uso de máscara de áreas inundáveis (JERS-1), pois há existência de problemas relacionados ao ruído aleatório inerente aos modelos SRTM e à deficiência da reflexão dos sinais do radar em corpos d'água e em áreas alagáveis (Carvalho e Latrubesse, 2004). Além disso, a análise dos mapas HAND são propostas em terra firme, não em áreas cujo lençol freático está acima da superfície.

Também foram utilizados neste trabalho alguns *softwares* de geoprocessamento como ENVI 4.5 (IDL – *Interactive Data Language 7.0* do *Visual Information Solutions*, linguagem onde foi inicialmente construído o algoritmo HAND, descrito em Rennó et al., 2008), *Idrisi 15.0* e *Global Mapper*.

As principais etapas deste trabalho são esboçadas na Figura 2. Para os dados topográficos de 30 e 90 metros foi aplicado o algoritmo HAND, iniciando pela interpolação de algumas falhas, chamadas também de “skins” (Valeriano, 2004), nos DSM’s utilizados.

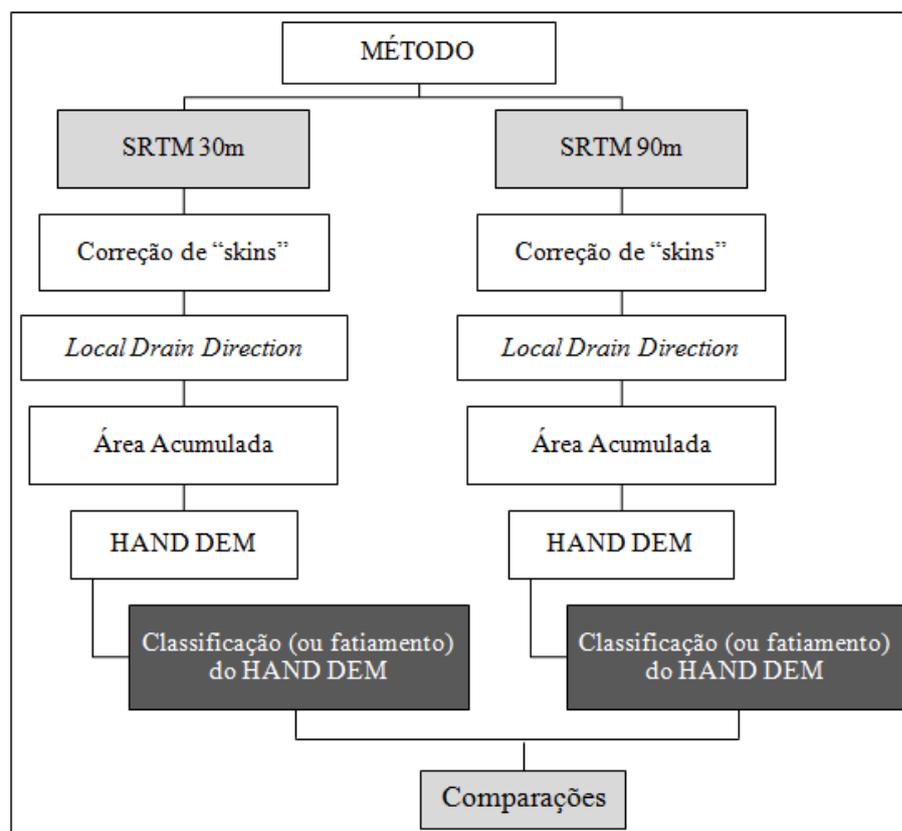


Figura 2. Resumo da metodologia empregada.

Procedimentos automáticos determinaram as direções de fluxo e as áreas acumuladas de drenagem, ou seja, é definido para qual dos *pixels* vizinhos um determinado pixel drena (direção do fluxo) e a área de drenagem que contribui para cada *pixel* (área acumulada), dando origem à rede de drenagem. Como explicam Nobre et al. (2010) e Rennó et al. (2008), a partir da rede de drenagem extraída do dado topográfico, a diferença entre cada elemento da grade do DSM e o ponto mais próximo associado à rede de drenagem extraída dá origem ao modelo de superfície HAND. O nível de referência deixou de ser fixo em relação ao nível do mar e passou a ser relativo à rede de drenagem mais próxima. Em outras palavras, o valor do atributo de altitude de um determinado ponto é definido pela posição que este se encontra em relação a o curso d'água para o qual ele deságua, iniciando a contagem a partir de zero (na drenagem) e aumentando na medida em que este se distancia da drenagem.

Nobre et al. (2010) utilizam quatro categorias em seu mapeamento HAND, definidas e validadas em trabalhos de campo na região do Rio Negro e Rio Amazonas, no estado do Amazonas. Outros trabalhos também averiguaram a validade desta classificação em áreas remotas do Brasil como em São Gabriel da Cachoeira, Balbina e Urucu, no Estado do Amazonas, leste do estado de São Paulo, Rio de Janeiro e independentemente por W. Collischonn no alto do Rio Tapajós no Estado do Pará e Grande Sertão Veredas, em Minas Gerais.

### 3. Resultados e discussões

Na Figura 3 encontram-se os mapeamentos obtidos pelo algoritmo HAND e suas quantificações na Figura 4. Visualmente percebe-se que quando são utilizados pixels de 90 metros (b), é reduzida a classe de vertentes. Em contrapartida, a classe referente aos solos saturados (classe 1) foi reduzida quando utilizado o dado topográfico de 30 metros (a) e o mesmo ocorreu para a classe 4, platôs. A classe 3, ecótone, sofreu alterações insignificantes.

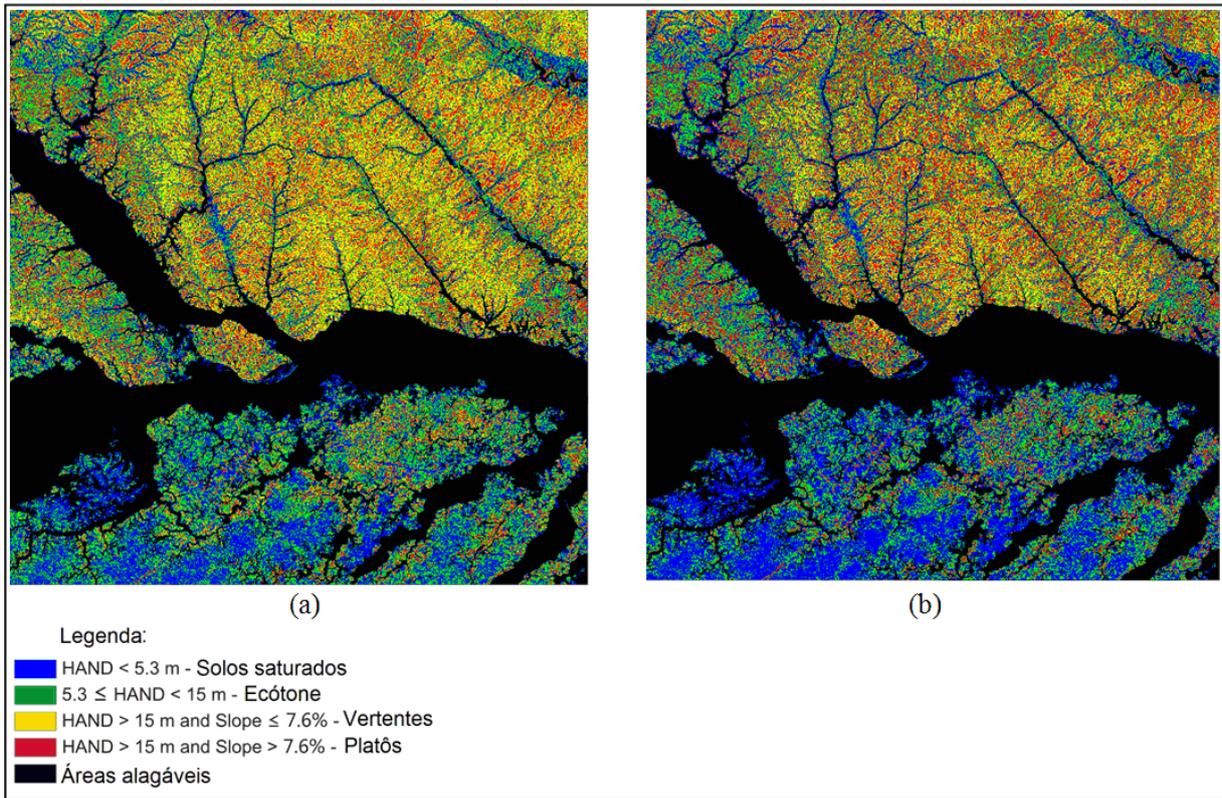


Figura 3. Mapeamento HAND obtido a partir de dados topográficos SRTM com 30m (a) e 90m (b) de resolução e classificado em 4 classes distintas.

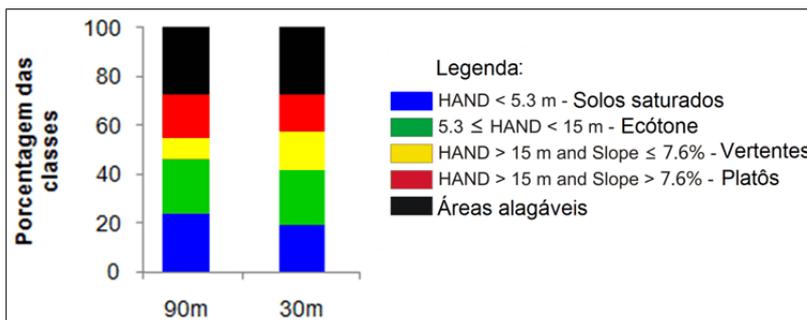


Figura 4. Quantificação dos mapeamentos HAND.

O mapeamento HAND a partir de SRTM de 30 metros fornece melhor detalhamento das feições da paisagem; no entanto, o mapeamento realizado a partir dos dados SRTM de 90 metros apresentou vantagens nas discriminações de feições regionais do relevo.

Na Figura 5 são apresentados os fluxogramas de distribuição de ocorrência de cada altura topográfica dos dados SRTM 90 metros e SRTM 30 metros – respectivamente (a) e (c), e também os histogramas de distribuição de ocorrência de cada altura HAND para 90 e 30 metros (b) e (d), respectivamente. Primeiramente percebe-se heterogeneidade de (a) e (c), ou seja, há dificuldade na separação de terrenos (de acordo com a água disponível no solo)

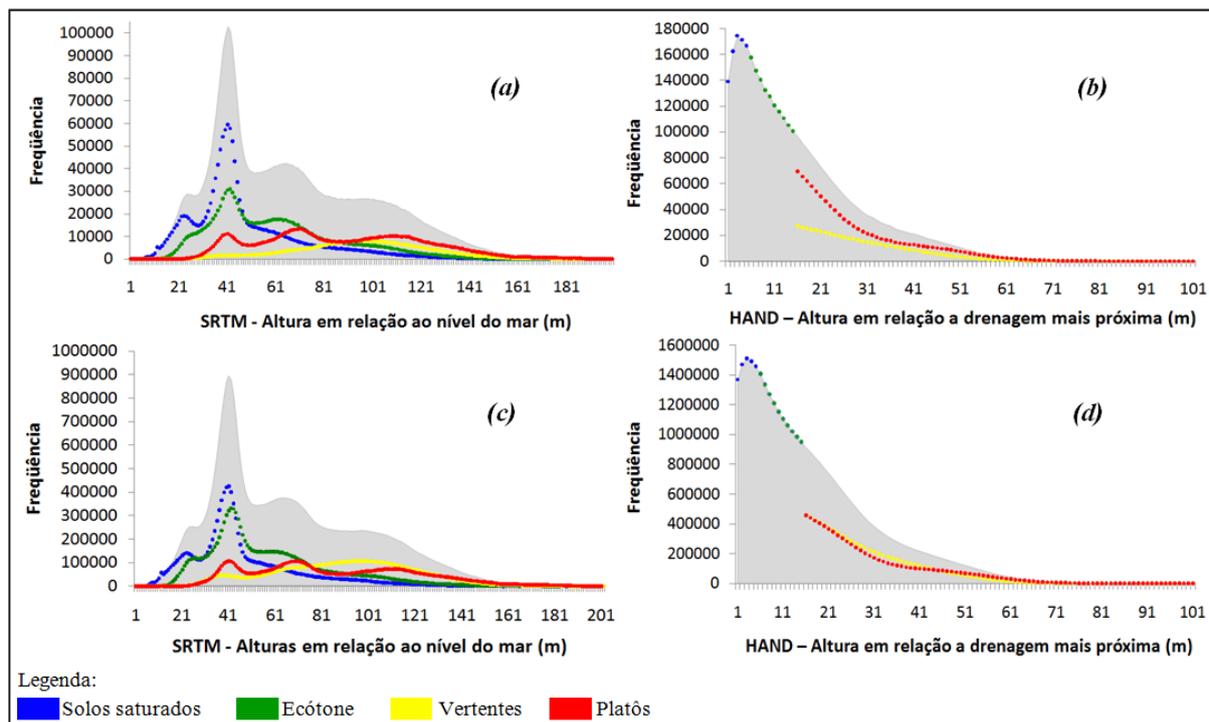


Figura 5. (a) Distribuição da frequência de alturas em relação ao nível do mar no SRTM 90m sobrepostas pelas distribuições de frequência de alturas em relação ao nível o mar para cada uma das classes HAND. (b) Distribuição da frequência de alturas em relação à drenagem mais próxima para o HAND 90m. (c) Distribuição da frequência de alturas em relação ao nível do mar no SRTM 30m sobrepostas pelas distribuições de frequência de alturas em relação ao nível o mar para cada uma das classes HAND. (d) Distribuição da frequência de alturas em relação à drenagem mais próxima para o HAND 30m.

quando são utilizados somente dados topográficos com atributos caracterizados em relação ao nível do mar (SRTM). Verifica-se, neste caso, que para todas as alturas em relação ao nível do mar há ocorrência das 4 classes HAND.

Todavia, na distribuição das ocorrências dos *pixels* normalizados (HAND), há perfeita discriminação entre as classes HAND, pois são considerados os atributos em relação à rede de drenagem local. As classes vertentes (classe 3) e platôs (classe 4), mesmo sendo separadas pela declividade, ocorrem na mesma altura HAND. Analisando comparativamente os dados de 30 e 90 metros, para estas mesmas duas classes nos histogramas de ocorrência HAND, verifica-se, proporcionalmente, maior quantidade de platôs e menor de vertentes nos dados de 90 metros e o contrário nos dados de 30 metros, justificada pelo retrato da cobertura do dossel da floresta no DSM de escalas mais refinadas, o que permite aparecerem imperfeições do relevo da superfície e declividades não da superfície do solo, mas das copas da vegetação.

Para estudos locais utilizando o modelo HAND, os dados topográficos de 30 metros alcançam melhores objetivos que os dados de 90 metros. Para escalas maiores ou globais, o nível de detalhamento de dados de 30 metros não é importante, uma vez que permite que sejam mascaradas feições maiores da paisagem. É importante, por esse motivo, salientar que para uma área de mesmo tamanho, a escolha indevida da resolução do dado topográfico também desfavorece os resultados, pois requer maior capacidade de processamento. Sendo assim, o fato de se ter uma escala refinada não necessariamente é importante para alcançar os objetivos de um trabalho. Da mesma forma, para análises em escalas menores, a amostragem dos dados não é explicitamente necessária, mas em trabalhos regionais o volume de dados torna-se denso para os detalhes exigidos, sendo recomendável a amostragem para cada escala de trabalho.

#### 4. Conclusões

Dados topográficos, por serem base para os mapeamentos HAND, devem ser analisados de acordo com os interesses e objetivos de cada trabalho, individualmente. A utilização de uma determinada escala é função da área a ser mapeada (estudos locais, regionais ou globais) e seus objetivos. A resolução incorreta pode mascarar importantes atributos da paisagem e inferir erros como a topografia do dossel da floresta.

No caso da comparação de mapeamentos HAND obtidos a partir de dados de 30 e 90 metros de resolução, a interferência do dossel da floresta e de focos de desmatamento é maior na escala mais refinada, somando erros. Em análises locais, o dado de 30 metros oferece maiores informações que os de 90 metros, porém, em escalas globais, os dados de 90 metros são mais aconselháveis. As classes HAND vertentes (classe 3) e platôs (classe 4) são as que mais sofrem influência com a resolução espacial do dado.

Os dados SRTM podem ser aplicados em mapeamentos HAND e oferecem resultados satisfatórios.

### **Agradecimentos**

Agradecemos ao Centro de Ciências do Sistema Terrestre pela bolsa do Programa Rede Clima e a Larry L Tieszen, do *US Geological Survey (SRTM Data Repository)* por fornecer os dados de SRTM 30 metros não disponíveis no Brasil.

### **Referências Bibliográficas**

- Almeida Filho, R.; Miranda, F. P.; Beisl, C. H. Evidência de uma mega captura fluvial no Rio Negro (Amazônia) revelada em modelo de elevação digital da SRTM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 1701-1707. CD-ROM, On-line. Disponível em <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.20.11.42/doc/1701.pdf>>. Acesso em 06 out. 2010.
- Bispo, P. C.; Valeriano, M. M. Efeitos de métodos de classificação e de escalas de mapeamento na percepção das relações entre geomorfometria local e classes de vegetação. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 2587-2594. CD-ROM, On-line. Disponível em <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.16.07.01/doc/2587-2594.pdf>>. Acesso em 01 out. 2010.
- Carvalho, T. M.; Latrubesse, E. M. Aplicação de modelos digitais do terreno (MDT) em análises macrogeomorfológicas: o caso da bacia hidrográfica do Araguaia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Goiânia (GO). v.5, n. 1, p.85-93. 2004.
- Ereno, D. Para evitar novos flagelos. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, v. 171, p. 16 - 21, maio, 2010.
- Grohmann, C.H.; Riccomini, C.; Steiner, S.S. Aplicação de modelos de elevação SRTM em geomorfologia. **Revista de Geografia Acadêmica**, v.2 n. 2, p. 73-83, 2008.
- Kellndorfer, J.; Walker, W.; Pierce, L.; Dobson, C.; Fites, J.A.; Hunsaker, C.; Vona, J.; Clutter, M. Vegetation height estimation from Shuttle Topography Mission and National Elevation Datasets. **Remote sensing of Environment**, v. 93, p. 339-358. July 2004.
- Nobre, A. D.; Cuartas, L. A.; Hodnett, M.; Rennó, C. D.; Rodrigues, G. O.; Silveira, A. C.; Waterloo, M. J.; Saleska, S. R. Height Above the Nearest Drainage, a hydrologically relevant new terrain model. Submitted to **Journal of Hydrology**. 2010.

- Pic, A.; Rennó, C. D.; Pinheiro, T. F.; Soares, J. V. Avaliação da influência da vegetação nos dados SRTM para a região amazônica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 6929-6931. CD-ROM, On-line. Disponível em < <http://mar.te.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2006/11.15.21.44/doc/6929-6931.pdf> >. Acesso em 06 out. 2010.
- Rabus, B., Eineder, M., Roth, A., Bamler, R. The shuttle radar topography mission — a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 57, n. 4, p. 241–262, 2003.
- Rennó, C. D., Nobre, A. D., Cuartas, L. A., Soares, J. V., Hodnett, M.G., Tomasella, J., Waterloo, M. HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM; Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. **Remote Sensing of Environment** 112, 3469-3481, 2008.
- Rodriguez, E., 2005. A Global Assessment of the SRTM accuracy, The Shuttle Radar Topography Mission – Data Validation and Applications. **Workshop, Reston, VA**, 2005. Disponível em: <http://edc.usgs.gov/conferences/SRTM/WorkshopProgram.html>, acesso: 09 nov. 2010.
- Rodríguez, E., Morris, C. S.; Belz, J. E. A Global Assessment of the SRTM Performance. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 72, n. 3, p. 249-260, 2006.
- Silveira, A., Nobre, A. D., Rodrigues, G. Computational Aspects in Mapping risk areas for São Paulo Metropolitan Zone applying the new HAND Terrain Model. Conference of Computational Interdisciplinary Sciences – CCIS. **Anais...** São José dos Campos: INPE. São José dos Campos, 2010.
- Shumann, G.; Matgen, P.; Cutler, M. E. J.; Balck, A.; Hoffman, L.; Pfister, L. Comparison of remotely sensed water stages feom LiDAR, topographic contours and SRTM. **Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v. 63, p. 283-296, 2008.
- Thompson, J. A.; Bell, J. C.; Butler, C. A. Digital elevation model resolution: effects on terrain attribute calculation and quantitative soil-landscape modeling. **Geoderma**, v. 100, p. 67 – 89, 2001.
- Valeriano, M. M. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 72 p., (INPE'10550'RPQ/756), 2004.
- Valeriano, M. M.; Kuplich, T. M.; Storino; M. Amaral, B. D.; Mendes, J. N.; Lima D. J. Modeling small watersheds in Brazilian Amazonia with shuttle radar topographic mission-90 m data. **Computers and Geoscience**, v.32, p1169-1181, oct. 2005.