

Avaliação do uso de dados SRTM para estudos ecológicos na Amazônia central

Juliana Schietti¹
Debora Drucker¹
Edwin Keizer¹
Arnaldo Carneiro Filho¹
William Magnusson¹

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA
Laboratório de Sistema de Informações Geográficas –SIGLAB
Programa de Pesquisa em Biodiversidade -PPBio
Caixa Postal 478 - 69011-870 - Manaus - AM, Brasil
{jusa, debora, keizer, carneiro, bill@inpa.gov.br}

Abstract. Here we evaluate the use of SRTM as the digital elevation model for future association with species distributions patterns detected with standardized methods. Direct altitudinal field measurements were taken by a professional surveyor on 2 different sites in central Amazonia, one in upland rainforest area (64 km²) and another in *campinarana* and *lavrado* dominated area (25km²). The relation between SRTM data and altitudinal field measurements ranged 70 and 90%. Vegetation coverage and height varies within sites and interfere on radar penetration. Sloped and humid areas were identified as regions of SRTM data underestimation.

Palavras-chave: SRTM, topography, vegetation, central Amazon, SRTM, topografia, vegetação, Amazônia central.

1. Introdução

A topografia é determinante em diversos processos de origem natural e antrópica, e portanto, é fator de fundamental importância na modelagem ambiental. Na região central da bacia amazônica a topografia é fortemente correlacionada com a textura do solo (Chauvel et al. 1987), e diversos autores têm sugerido que esses fatores são os maiores determinantes na distribuição de espécies vegetais e na estrutura de suas comunidades, em escalas local e regional (Lieberman 1985, Sollins 1998, ter Steege et al. 2000, Itoh et al. 2003, Kubota 2004). Na Amazônia central, cerca de 30% das variações espaciais nas estimativas de biomassa de árvores estão relacionadas às características do solo, principalmente à textura, e à topografia (Laurance et al. 1999; Castilho et al. 2006). As variações na composição ou estrutura da floresta ao longo de um espaço topográfico produzem ainda, uma variabilidade de microhabitats que pode afetar os padrões demográficos também em comunidades animais. Assim, a disponibilidade de dados sobre variáveis topográficas, e sua associação com padrões de distribuição de espécies em formações florestais, constituem valiosa informação para subsidiar o planejamento do uso da terra na região amazônica.

As melhores informações topográficas para o território nacional foram produzidas pelo SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), em fevereiro de 2000. O modelo digital de elevação (MDE) do SRTM está disponível para 80% do planeta e sua resolução para América do sul é de 3", cerca de 90 m. Essa base de informações é de extrema importância para estudos na região amazônica, onde dados altimétricas em escalas mais finas são escassos. O MDE gerado pelo SRTM, no entanto, pode não ser fiel a realidade topográfica, especialmente em áreas florestadas (Kellndorfer et al. 2004). Porque o sistema operou em comprimentos de onda relativamente curtos (banda C, 5,6 cm e banda X, 3,1 cm), que não penetram a vegetação, o MDE gerado reflete a superfície da vegetação (Pinheiro, 2006).

Atualmente, alguns projetos na Amazônia estão promovendo a integração de dados, com metodologia inovadora, a fim de estabelecer bases seguras para a utilização sustentável de

recursos na região. Em 2004, o MCT iniciou o Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) para estimular pesquisa sobre a biodiversidade na Amazônia. O programa está instalando sítios de pesquisa ecológica de longa duração, com parcelas e trilhas de acesso permanentes, em diversos lugares na Amazônia. O sistema de trilhas de cada sítio de pesquisa dispõe de levantamento topográfico planialtimétrico realizado em campo por serviço especializado. As parcelas permanentes permitem monitoramento, padronização de amostragem e possibilidade de comparação e interação de diferentes estudos desenvolvidos nas áreas. Este sistema de amostragem em meso-escala (25 km² por sítio) permite uma base confiável de extrapolação de resultados para áreas maiores.

Neste contexto, o principal objetivo deste estudo foi avaliar o uso dos dados SRTM na Amazônia central, em duas áreas com formações florestais distintas. A aplicação de dados SRTM para estudos ecológicos foi avaliada por meio de comparação com medidas de elevação tomadas em campo.

2. Áreas de estudo

A Reserva Florestal Adolpho Ducke encontra-se em uma área de floresta tropical úmida de terra firme ao norte da cidade de Manaus (AM). O relevo desta área pode ser categorizado em 3 compartimentos geomorfológicos: platôs, vertentes e baixios. Os platôs são áreas relativamente planas e altas (centro da Reserva), as vertentes são áreas declivosas e os baixios são as áreas adjacentes aos cursos d'água. A área da Reserva, de 64 km², está situada na formação geológica Alter-do-Chão e abriga nascentes de duas bacias hidrográficas. Este sítio de estudo apresenta um sistema de 16 trilhas de 8 km, em forma de grade, com 8 trilhas no sentido leste-oeste e 8 no sentido norte-sul (paralelas entre si e espaçadas por 1 km), **Figura 1**. Todas as trilhas da área dispõe de levantamento topográfico planialtimétrico realizado de aproximadamente 100 em 100 m.

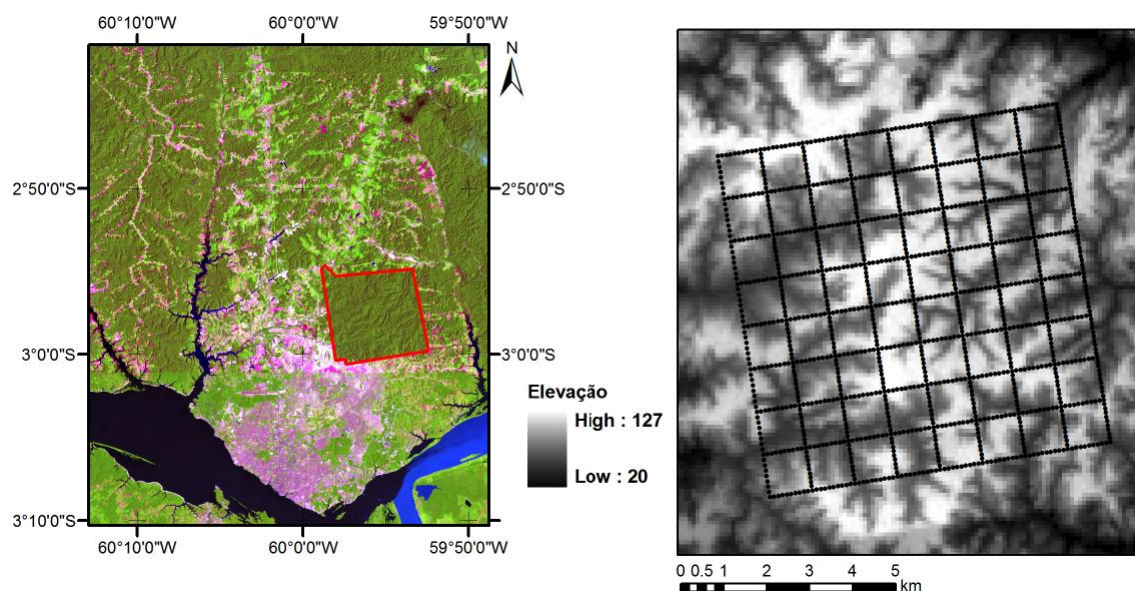


Figura 1. Localização da Reserva Ducke ao norte da cidade de Manaus (AM) e modelo digital de elevação do SRTM com o sistema de trilhas que dispõe de levantamento topográfico em 1361 pontos.

O segundo sítio de amostragem deste estudo tem área igual a 25 km² e localiza-se no Parque Nacional do Viruá (PARNA Viruá), município de Caracaraí, região centro-sul do estado de Roraima. O PARNA Viruá é uma unidade de conservação que protege principalmente a formação vegetal do tipo Campinarana, de ocorrência restrita no Bioma

Amazônico, mas bem representada na porção norte da bacia do Rio Negro (AM) e no baixo Rio Branco (RR). O sítio Viruá dispõe de um sistema de 12 trilhas de 5 km, em forma de grade, sendo 6 trilhas no sentido leste-oeste e 6 trilhas no sentido norte-sul (paralelas entre si e espaçadas por 1 km), **Figura 2**. O levantamento topográfico planialtimétrico nas trilhas deste sítio foi feito em espaçamento de aproximadamente 50 m entre cada ponto medido. Diferente da Reserva Ducke, neste sítio há ocorrência de planícies aluviais inundáveis, devido à influência do Rio Branco na extensão oeste, e de alguns morros residuais de altitudes modestas (cerca de 250 m).

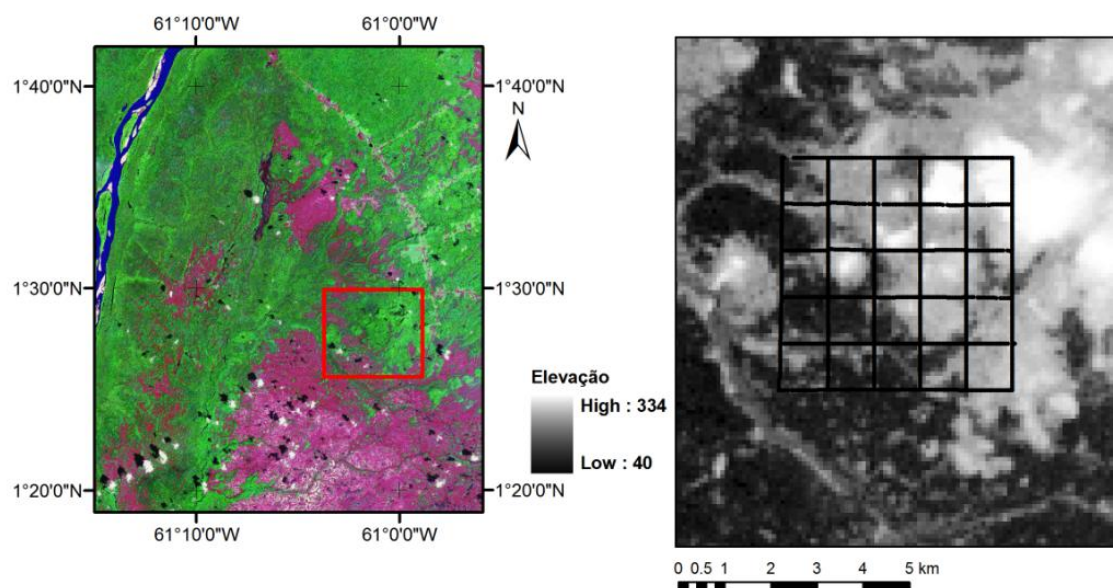


Figura 2. Localização do sítio de estudos Viruá no centro-sul de Roraima, próximo da margem esquerda do Rio Branco. Modelo digital de elevação da área (SRTM) com o sistema de trilhas em grade que dispõe de levantamento topográfico em 1190 pontos.

3. Métodos

Os dados SRTM para os dois sítios foram obtidos diretamente do endereço eletrônico da NASA (National Aeronautics and Space Administration), <ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/>, no qual permanecem disponíveis sob a resolução de 3" (~ 90 m no equador).

O levantamento topográfico planialtimétrico na Reserva Ducke e no Parna Viruá foi realizado por serviço especializado, com uso de teodolito. O georrefenciamento dos sistemas de trilhas foi feito a partir de marcos homologados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), que se encontravam nas estradas próximas aos sítios estudados.

Os 1361 pontos do levantamento topográfico de campo da Reserva Ducke e os 1190 pontos do sítio Viruá foram comparados com os valores dos modelos digitais de elevação gerados pelo SRTM. Para tal, os valores de elevação nos MDEs do SRTM foram capturados das imagens em cada ponto georreferenciado em que foi feito levantamento topográfico em campo. A congruência dos valores de elevação dos dados SRTM com os dados de campo foi avaliada por meio de regressões lineares simples e por método não inferencial de comparação entre os perfis gerados pelos dois métodos.

4. Resultados e Discussão

Na Reserva Ducke 71% da variação dos dados SRTM foram explicados pelas medidas de elevação levantadas em campo ($p < 0,0001$; $n = 1361$; **Figura 3a**). É provável que a variação

nos dados SRTM que não foi explicada neste modelo ($Elevação\ SRTM = 29,57 + 0,82 * Elevação\ medida\ em\ campo$) se deva principalmente à reflexão das ondas eletromagnéticas do sensor causada pelas folhas, galhos e troncos da vegetação antes de atingir o solo. A reflexão na cobertura florestal resultaria em uma superfície superestimada em relação ao solo (Kellndorfer et al. 2004). No entanto, em 170 (cerca de 12,5%) dos pontos analisados na Reserva Ducke os dados SRTM subestimaram a elevação medida em campo. A localização desses pontos na Reserva (**Figura 4a**) sugere que as áreas declivosas (vertentes) e próximas dos cursos d'água (baixios) promovem erros de subestimativa nos dados SRTM. Assim, as informações topográficas do SRTM para esses dois compartimentos geomorfológicos devem ser melhor avaliadas antes de serem empregadas como preditoras, ou fator de extrapolação, em estudos ecológicos na região. Além disso, a identificação dessas áreas direciona levantamentos de fisionomia e estrutura de vegetação em campo para construção de filtros que corrigiam os dados SRTM, como sugere Jacobsen (2006).

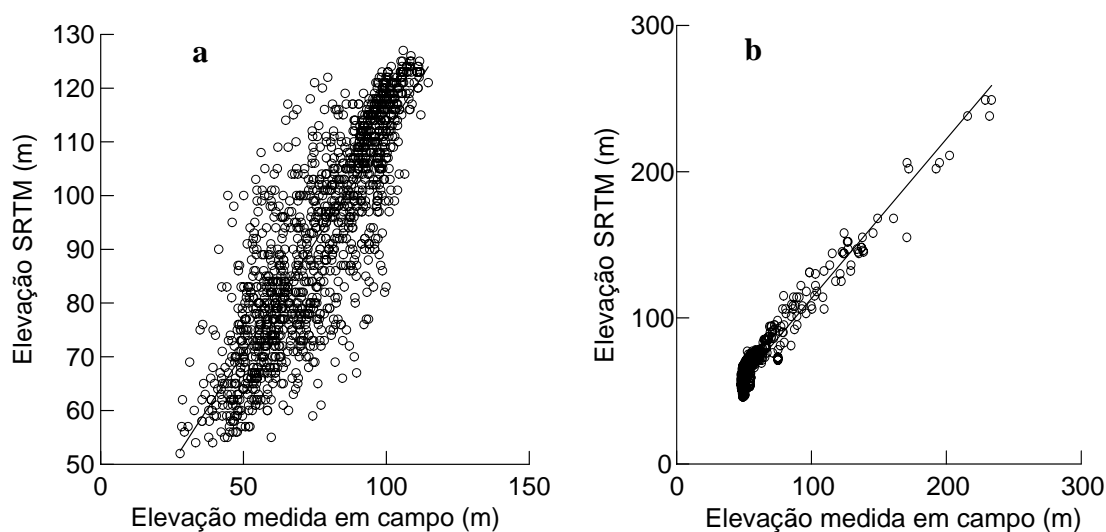


Figura 3. Elevação gerada pelo SRTM em função dos valores de elevação medidos em campo na Reserva Ducke (a) e Viruá (b).

Para o sítio Viruá o modelo de regressão simples com as elevações medidas em campo ($Elevação\ SRTM = 4,32 + 1,09 * Elevação\ medida\ em\ campo$) explicou 90% da variação dos dados SRTM ($p < 0,0001$; $n = 1190$; **Figura 3b**). A maior parte da área do Viruá é plana e a vegetação está representada principalmente por campos abertos (lavrados) e formações florestais do tipo campinarana (**Figura 6a**), que são de baixo porte e têm biomassa arbórea menor quando comparadas com florestas típicas de terra firme como da Reserva Ducke. Embora os dados SRTM para área do Viruá tenham se mostrado mais congruentes com o levantamento topográfico de campo do que na Reserva Ducke, 165 (aproximadamente 14%) dos pontos analisados também apresentaram valores de SRTM subestimados em relação aos dados de campo. Estes pontos estão localizados em sua maioria nos locais mais baixos da grade Viruá, associados a vegetação aberta e passível, em algumas áreas, de alagamento sazonal, como é o caso das localidades LO6 – 2400 e 2450, ilustradas na **Figura 6b**. Alguns dos pontos subestimados dos dados SRTM estão localizados em áreas de declive entre os morros da área nordeste da grade, **Figura 4b**. Os valores de elevação subestimados pelo SRTM nessas áreas podem estar relacionados a problemas de retorno de sinais para o sensor das áreas úmidas abertas, ou mesmo ao imageamento de áreas declivosas.

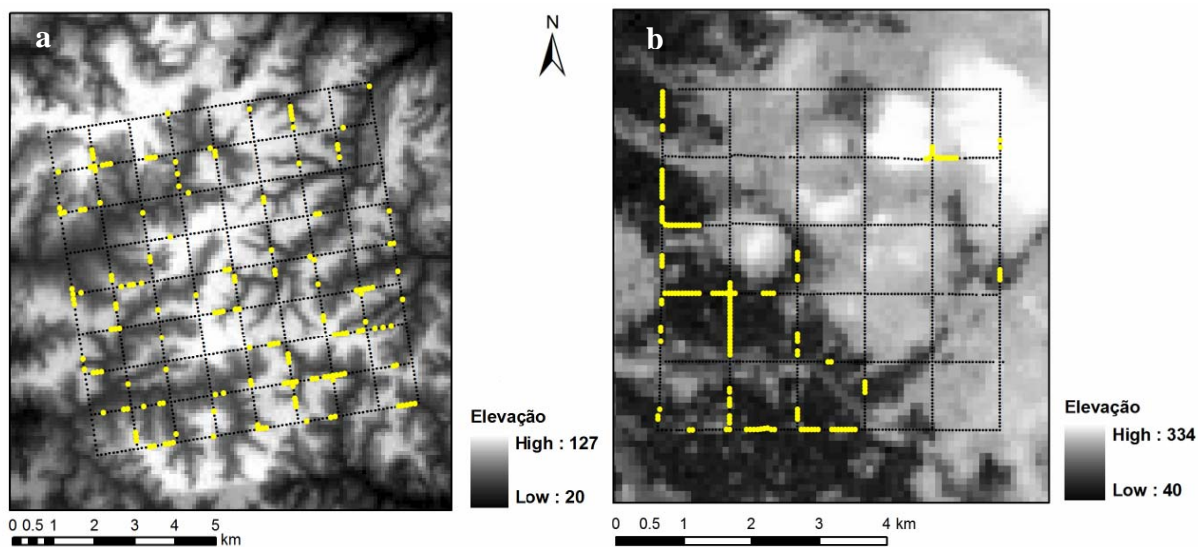


Figura 4. Pontos de amostragem em que os dados SRTM subestimam as elevações medidas em campo (em amarelo) para Reserva Ducke (a) e Viruá (b).

É importante ressaltar que a maior congruência (90%) dos dados SRTM com as elevações medidas em campo no Viruá provavelmente é artefato da distribuição heterogênea de pontos ao longo variação altitudinal da área. Apenas 24% dos pontos da grade (282) estão em altitudes maiores que 55 metros e apresentam relação linear com os dados SRTM, como mostra a **Figura 5b**. Esta faixa de amplitude dos dados afeta positivamente o coeficiente de determinação da regressão (R^2) e esconde a variabilidade dos dados SRTM nas áreas mais baixas. Os 908 pontos restantes da grade que se encontram em elevações iguais ou menores que 55 metros apresentam alta variação nos dados SRTM. Para uma pequena faixa de amplitude da elevação medida em campo, 47 a 55 m, há uma variabilidade de praticamente 40 m nos dados SRTM, **Figura 5a**.

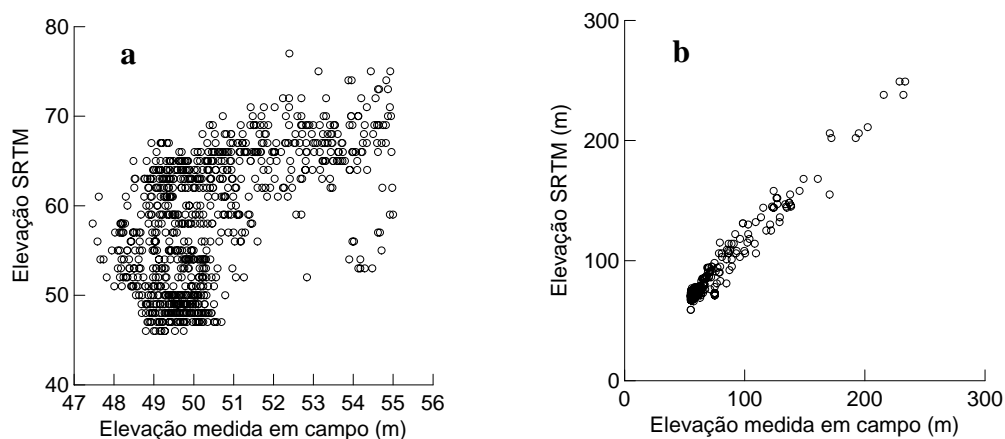


Figura 5. Variabilidade dos dados SRTM no Viruá para elevações iguais e menores que 55m (a) e maiores que 55m (b).

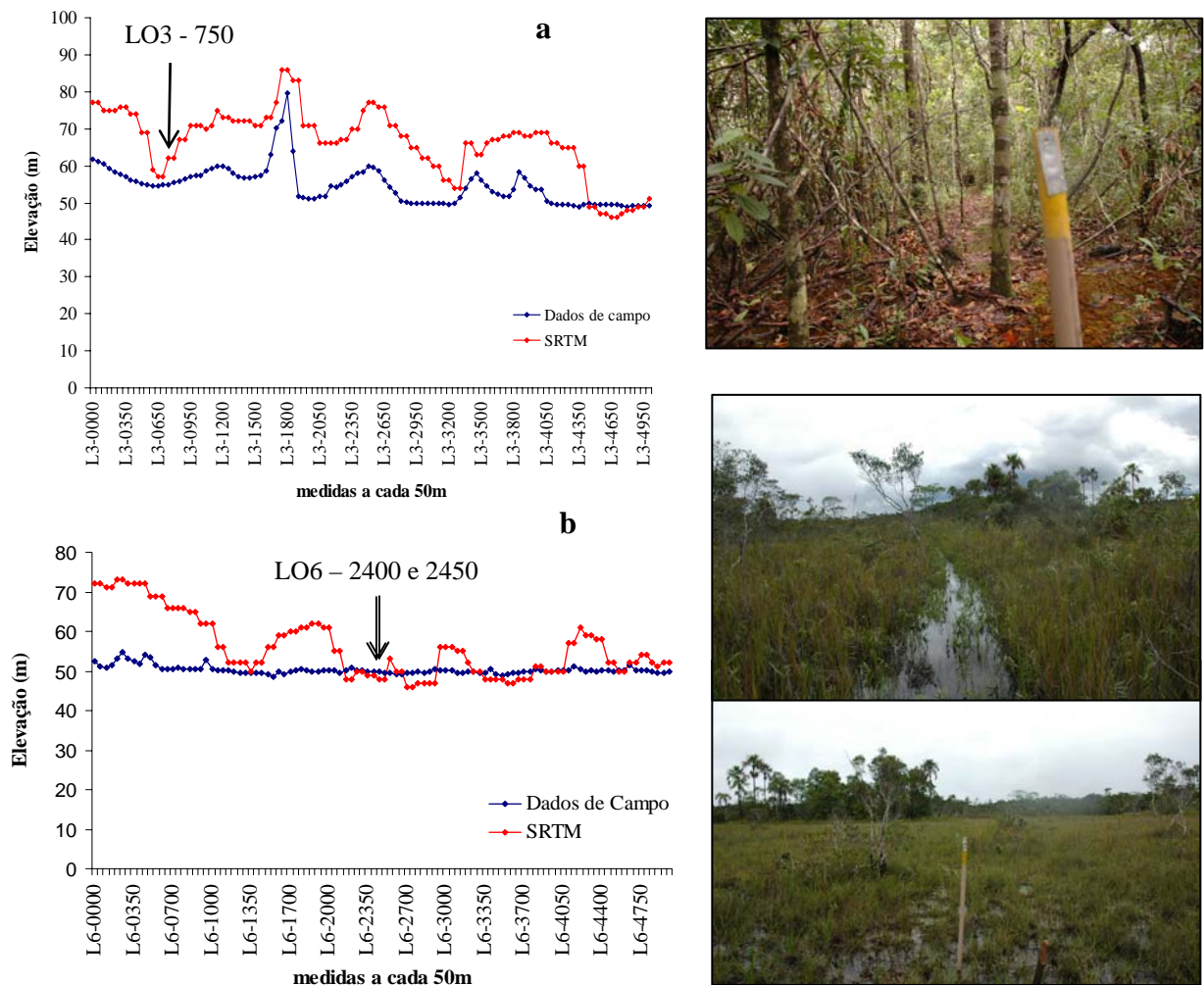


Figura 6. Dois perfis sentido leste-oeste no Viruá mostrando os valores de elevação medidos em campo e aqueles gerados pelo SRTM. As fotos foram tiradas nos pontos de amostragem indicados nos gráficos e apresentam as vegetações de campinarana (a) e lavrado (b).

5. Considerações Finais

A congruência entre os dados de elevação medidos em campo e os gerados pelo SRTM indica que os modelos digitais de elevação deste podem potencialmente ser empregados em estudos ecológicos na região.

Os resultados deste trabalho apontam regiões declivosas e úmidas como áreas importantes para levantamentos de fisionomia e estrutura da vegetação, informações que contribuirão para futuras correções nos MDEs gerados pelo SRTM na região amazônica.

5. Referências

Analyses of SRTM elevation models. Disponível em:

<www.ipi.uni-hannover.de/html/aktivitaeten/EARSeL-Workshop2005_Paper/Jacobsen2.pdf> Acesso em: 7 nov. 2006.

Castilho, C.V.; Magnusson, W. E.; Araújo, R. N. O.; Luizão, R. C.; Luizão, F. J.; Lima, A. P.; Higuchi, N. Variation in aboveground tree live biomass in a central Amazonian forest: effects of soil and topography. **Forest Ecology and Management**, v. 234, p. 85-96, 2006.

Chauvel, A.; Lucas, Y.; Boulet, R. On the genesis of the soil mantle of the region of Manaus, Central Amazonia, Brazil. **Experientia**, v. 43, p. 234-241, 1987.

Itoh, A.; Yamakura, T.; Ohkubo, T.; Kanzaki, M.; Palmiotto, P.A.; LaFrankie, J.V.; Ashton, P.S.; Lee, H.S.. Importance of topography and soil texture in the spatial distribution of two sympatric dipterocarp trees in a Bornean rainforest. **Ecological Research**, v. 18, n. 3, p. 307-320, 2003.

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, 2004.

Kubota, Y.; Murata, H.; Kikuzawa, K. Effects of topographic heterogeneity on tree species richness and stand dynamics in a subtropical forest in Okinawa Island, southern Japan. **Journal of Ecology**, v. 92, p. 230-240, 2004.

Laurance, W.F.; Fearnside, P.M.; Laurance, S.G.; Delamonica, P.; Lovejoy, T.E.; Rankin-de-Merona, J.M.; Chambers, J.; Gascon, C. Relationship between soils and Amazon forest biomass: a landscape-scale study. **Forest Ecology and Management**, v. 118, p. 127-138, 1999.

Lieberman, M.; Lieberman, D.; Hartshorn, G.S.; Peralta, R. Small-scale altitudinal variation in lowland wet tropical forest vegetation. **Journal of Ecology**, v.73, p. 505-516, 1985.

Pinheiro, E.S. Comparação entre dados altimétricos shuttle radar topography mission, cartas topográficas e gps: numa área com relevo escarpado. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 58, n. 01, pp. 1-9, 2006.

Sollins, P. Factors influencing species composition in tropical lowland rain forest: does soil matter? **Ecology**, v. 79, n. 1, p. 23-30, 1998.

ter Steege, H.; Sabatier, D.; Castellanos, H.; van Andel, T.; Duivenvoorden, J.; de Oliveira, A.A.; Ek, R.; Lilwah, R.; Maas, P.; Mori, S. An analysis of the floristic composition and diversity of amazonian forests including those of the Guiana shield. **Journal of Tropical Ecology**, v, 16, p. 801-828, 2000.