

VALIDAÇÃO DA PRECISÃO ALTIMÉTRICA DO MODELO DE ELEVÇÃO DO TERRENO ABAIXO DA FLORESTA AMAZÔNICA GERADO ATRAVÉS DE DADOS DE RADAR NA BANDA P

C. Gaboardi¹, R. A. S. Rosa¹, J. M. Lázaro¹

¹Bradar Indústria S.A., Brasil

Comissão IV - Sensoriamento Remoto, Fotogrametria e Interpretação de Imagens

RESUMO

Este artigo apresenta os resultados da avaliação da precisão altimétrica do Modelo Digital do Terreno (DTM) obtido por Radar de Abertura Sintética Interferométrico (InSAR) com frequência de banda P (comprimento de onda de 75 cm), que obtém dados do terreno sob a vegetação. Esses dados foram adquiridos em 2014 na área de construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, em Vitória do Xingu, Pará, Brasil. E, como a referida área sujeita à inundação causada pela barragem em construção teve sua floresta suprimida, foi possível a realização de um levantamento topográfico para avaliar a precisão altimétrica do DTM gerado.

Palavras chave: Radar de Abertura Sintética, Banda P, Modelo Digital de Terreno.

ABSTRACT

This paper presents the results of the evaluation of the altimetric accuracy of the Digital Terrain Model (DTM) obtained by Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) with P-band frequency (wavelength of 75 cm), which obtains terrain data under vegetation. These data were acquired in 2014 in the construction area of the Belo Monte Hydroelectric Plant, in Vitória do Xingu, Pará, Brazil. And since the area subject to the flood caused by the dam under construction had its forest suppressed, it was possible to perform a topographic survey to evaluate the altimetric accuracy of the generated DTM.

Keywords: Synthetic Aperture Radar, P-Band, Digital Terrain Model.

1- INTRODUÇÃO

A utilização da banda P para o imageamento InSAR tem se mostrado extremamente útil para o mapeamento de regiões de vegetação densa, devido à capacidade de penetração da radiação eletromagnética desta faixa de frequência na vegetação. Isto permite a obtenção da altitude do terreno sob a camada vegetal onde outras tecnologias ou mesmo outras frequências de radar só permitem a obtenção da altitude das copas das árvores (Figura 1).

Muitos mapeamentos cartográficos já foram realizados com a banda P, gerando-se como produto o DTM (Modelo Digital de Terreno), que corresponde à altura do terreno abaixo da vegetação. Além disso, diversos estudos foram publicados utilizando-se a banda P como insumo, como por exemplo, medida de biomassa floresta (Santos et al., 2004; Sambatti et al., 2012), determinação de parâmetros de estrutura florestal (Dutra et al., 2007), cálculo de estoque de carbono (Willians et al., 2009) e inventário florestal

(Gama et al., 2010). Entretanto, jamais havia sido realizada uma validação precisa do DTM gerado pela banda P, pelo fato de que aparelhos de GPS não funcionam muito bem sob a vegetação densa.

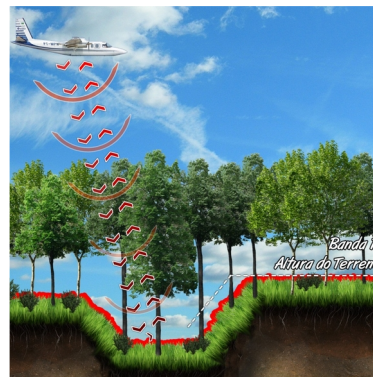


Fig. 1 – Penetração do sinal da banda P na floresta densa

Mas, em 2015, devido à construção da represa da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, tornou-se necessário a supressão de vegetação da área a ser inundada pelo lago a ser formado. E, como essa mesma área havia sido mapeada por aerolevanteamento por interferometria SAR de banda P em 2014, foi possível coletar pontos GPS nessa região para validação do DTM gerado anteriormente, quando ainda havia a floresta densa.

2- METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho consistiu das seguintes etapas: realização do aerolevanteamento InSAR com banda P, geração do DTM e delimitação da área sujeita à inundação; supressão da floresta da área sujeita à inundação calculada no item acima; realização de um levantamento topográfico para a obtenção de Pontos de Controle de Campo (GCP) de precisão na área da floresta suprimida; comparação dos valores das coordenadas altimétricas dos GCPs com os pontos correspondentes do DTM; e avaliação dos resultados.

A Figura 2 apresenta uma fotografia retirada no local, no momento da medição dos GCPs.



Fig. 2 – Medição de ponto em local onde houve supressão da vegetação

O levantamento tratado neste artigo foi realizado na área de desflorestamento para a construção da UHE Belo Monte, numa região cuja cobertura vegetal característica é a Floresta Amazônica. A Usina está localizada no Rio Xingu, no município de Vitória do Xingu, estado do Pará, próximo à confluência com a rodovia BR-230/Transamazônica (Figura 3).

Na Figura 4 mostra-se a localização dos pontos antes da supressão da vegetação numa imagem extraída do Google Earth®.

Nas Figuras 5 e 6 são mostrados os mesmos pontos sobrepostos à imagem SAR (composição colorida das bandas X e P) antes e depois da supressão

da vegetação. A área em que o experimento foi realizado mede 8,7km no sentido norte-sul e 5,8km no sentido leste-oeste, totalizando aproximadamente 50km². O terreno é plano, com altitudes geométricas variando aproximadamente entre 50 e 100 metros.



Fig. 3 – Região de estudo



Fig. 4 – Localização dos pontos de controle antes da supressão da vegetação em imagem do GoogleEarth®

Nesta região, no período de 11 a 16 de dezembro de 2014, foi realizado um aerolevanteamento InSAR de banda P. Após o aerolevanteamento e o

processamento dos dados, gerou-se um DTM. A partir desse modelo foi delimitada a área em que foi realizada a supressão da floresta.

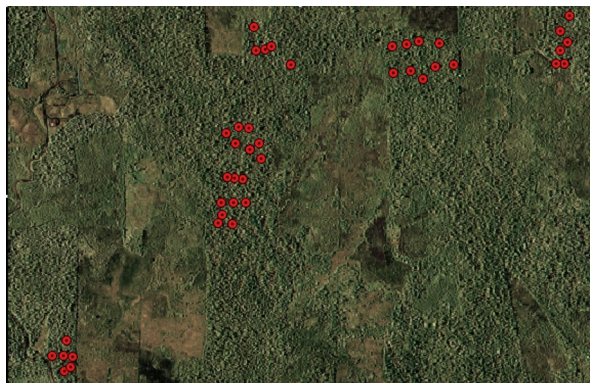


Fig. 5 – Imagem SAR colorida (composição das bandas X e P) antes da supressão da vegetação com indicação da localização dos GCPs

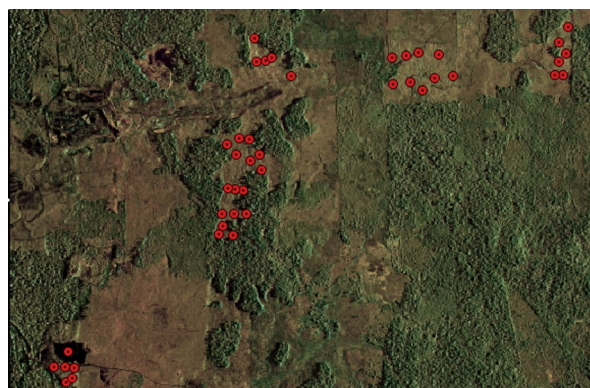


Fig. 6 – Imagem SAR colorida (composição das bandas X e P) após a supressão da vegetação com indicação da localização dos GCPs

Neste trabalho, após a supressão, foi realizado um levantamento topográfico de precisão na área da floresta desmatada, com o cuidado de se levantar pontos de campo nos locais de menor movimentação do terreno, a fim de ser possível comparar as coordenadas altimétricas do DTM obtido por interferometria SAR sob a cobertura vegetal com as coordenadas obtidas por GPS após a supressão da vegetação. A metodologia utilizada neste artigo consistiu na obtenção das altitudes dos pontos de levantamento de campo, com a técnica de GPS diferencial com precisão de 5 centímetros, utilizando-se equipamentos GPS de dupla frequência da marca Trimble, modelo 5700 e dos pontos do DTM, obtidos por interferometria SAR.

3- RESULTADOS

No levantamento GPS, os pontos foram processados obtendo-se as respectivas altitudes geométricas aplicando correção diferencial. Em seguida, foi realizada a comparação entre as altitudes geométricas resultantes do DTM obtidos por interferometria SAR banda P e as altitudes geométricas

obtidas por meio do levantamento com GPS de precisão. A altitude do DTM foi obtida considerando-se o valor da altitude do pixel correspondente, sem interpolação.

Considerando-se todas as medições, a média dos valores absolutos das diferenças de altitude foi de 1,178m e o erro médio quadrático (RMSE) foi de 1,464m. As diferenças de altitudes entre os pontos medidos e o modelo foram menores do que 1,00m para 47,6% (20 pontos). Trinta e quatro pontos (81%) ficaram com diferença menor que 2,0m e 92,9% dos pontos (39 dos 42 pontos levantados) tiveram a diferença menor que 2,50m.

Na análise das diferenças de altitude, não foi encontrada nenhuma correlação entre as discrepâncias e as localizações dos pontos ou declividade do terreno. Dentre as possíveis causas destas discrepâncias estão a diferença de penetração das ondas eletromagnéticas de acordo com a densidade da vegetação e os efeitos das reflexões em troncos de árvores de grande porte, características inerentes à tecnologia InSAR de banda P.

4- CONCLUSÕES

Os experimentos levados a efeito nesta pesquisa tiveram por objetivo verificar a precisão altimétrica do Modelo Digital do Terreno obtido sob a região de floresta, com o uso de interferometria de Radar de Abertura Sintética operando na Banda P. O fato de ter havido a supressão da vegetação permitiu a realização de um experimento único, no qual foi possível aferir a precisão altimétrica do DTM gerado.

Os resultados obtidos neste estudo de caso permitiram mostrar a viabilidade da utilização tecnologia InSAR para a obtenção da altitude do relevo em regiões de floresta tropical densa, onde, devido às características deste tipo de vegetação, a obtenção da altimetria do relevo a nível do solo torna-se extremamente difícil e onerosa com o uso de tecnologias convencionais. Sugere-se, para a validação desta tecnologia, a realização de novos experimentos, em diferentes tipos de terreno e cobertura vegetal.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Norte Energia S.A. (Usina Hidrelétrica Belo Monte) pela cessão dos dados utilizados neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dutra, L.V.; Treuhaft, R.; Mura, J.C.; Santos, J.R. e Freitas, C., 2007. Estimating 3-Dimensional Structure of Tropical Forests from Radar Multibaseline Interferometry: The Tapajós FLONA case, em XIII

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, pp. 1657-1662.

Gama, F.F.; Santos, J.R. e Mura, J.C., 2010. Eucalyptus Biomass and Volume Estimation Using Interferometric and Polarimetric SAR Data. Remote Sensing, Vol. 2, pp. 939-956.

Sambatti, J.B.M.; Leduc, R.; Lübeck, D.; Moreira, J.R. e Santos, J.R., 2012. Assessing Forest Biomass and Exploration in the Brazilian Amazon with Airborne InSAR: an Alternative for REDD. The Open Remote Sensing Journal, Vol. 5, Nº 1, pp. 21-36.

Santos, J.R.; Neeff, T.; Dutra, L.V.; Araújo, L.S.; Gama, F.F. e Elmiro, M.A.T., 2004. Tropical Forest Biomass Mapping From Dual Frequency SAR Interferometry (X and P- Bands), em ISPRS – International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Symposium – Technical Commission VII, Istambul, Turquia, Vol. 35, pp. 1682-1777.

Willians, M.L.; Milne, T.; Tapley, I.; Reis, J.J.; Stanford, M.; Kofman, B. e Hensley, S., 2009. Tropical Forest Recovery Using Geosar Observations, em IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), Cidade do Cabo, África do Sul, Vol. 4, pp. 173-176.