

Aplicação de dados altimétricos orbitais e nivelamento em corpos hídricos continentais para a integração de referenciais altimétricos

L. N. da Silveira¹, S. F. de Souza², F. G. Nievinski³

¹Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, PPGSR/UFRGS (leonard.silveira@ufrgs.br)

²Coordenador do NDE do curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Departamento de Geodésia, IGEO/UFRGS (sergio.florencio@ufrgs.br)

³Diretor do Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, CEPSSRM/UFRGS (felipe.nievinski@ufrgs.br)

Por todo o mundo há diversos estudos sobre o nível do mar aplicado à oceanografia e à geodésia. Na geodésia esses estudos são aplicados principalmente no estabelecimento de referenciais verticais, geralmente materializados por marégrafos. Atualmente também há a preocupação com a unificação dos referenciais altimétricos, por isso está em desenvolvimento o *International Height Reference System/International Height Reference Frame* (IHRM/IHRF). A unificação dos referenciais verticais pode utilizar métodos indiretos (problema de valor de contorno da geodésia) ou diretos (nivelamento). O nivelamento geométrico é o método preferencial para a determinação das diferenças de nível sobre a terra, porém, não permite transpor grandes massas de água. Uma possível solução para o problema é usar dados altimétricos orbitais para a determinação de um modelo da topografia do nível médio da água em relação ao elipsoide (*Mean Sea Surface – MSS*) ou ao geoide (*Mean Dynamic Topography – MDT*) e a partir dos modelos efetuar o nivelamento orbital sobre a superfície média da água. A determinação dos modelos pode usar uma abordagem oceanográfica (modelos de circulação oceânica), geodésica (marégrafos com rastreamento GNSS e sensores altímetros orbitais) ou combinada. Na abordagem geodésica, marégrafos e satélites radares altímetros devem prover séries temporais suficientemente longas, não inferior a dez anos segundo alguns autores, sendo capazes de gerar modelos MSS com precisão centimétrica e aplicabilidade de forma acurada segundo estudos recentes. Os modelos MDT dependem também da precisão do modelo geoidal usado para a transformação das altitudes elipsoidais em altitudes ortométricas. Os conceitos aplicados aos oceanos talvez possam ser adaptados aos corpos hídricos continentais, com algumas vantagens aparentes, já que lagos e lagoas parecem ser massas de água mais estáveis, com potencial para a unificação dos referenciais verticais. Estudos recentes tiveram sucesso na determinação do nível da água de lagos e rios a partir dos satélites radares altímetros, com boa concordância com dados observados em linímetros. Desta forma, o método de nivelamento híbrido (geométrico em terra e orbital na água) também pode ser uma alternativa ao nivelamento geométrico puro, contornando o corpo hídrico. A pesquisa está sendo realizada usando como objeto de estudo o complexo formado pelo Lago Guaíba e pela Lagoa dos Patos, no estado do Rio Grande do Sul. A primeira meta é determinar os modelos MSS/MDT a partir das medidas instantâneas do nível da água a partir dos satélites radares altímetros, em relação ao elipsoide (*Sea Surface Height – SSH*) e em relação ao geoide (*Absolute Dynamic Topography – ADT*). Porém, devido a contaminação da terra, no sinal, nas bordas do corpo hídrico, o modelo talvez só seja viável até uma determinada distância das margens, denominada de zona útil. Esta lacuna entre as margens e a zona útil deverá ser resolvida. A solução pode advir dos dados dos linímetros/linígrafos, medidas a Laser que também podem ser usadas para a calibração dos dados dos satélites radares altímetros ou modelos hidrodinâmicos. Uma vez solucionado o problema, dois caminhos podem ser usados para a integração de referenciais verticais: água-terra e terra-água-terra. No caminho água-terra são estabelecidas estações altimétricas virtuais (EAV) na superfície da água, no interior da zona útil usando os dados dos satélites radares altímetros. Da EAV é realizado o nivelamento orbital (usando o MDT) até o limite da zona útil, onde é estabelecida uma EAV diretamente sobre o MDT, e novamente entre a última EAV e o linímetro (que faz a transição água-terra) por meio do nivelamento orbital ou hidrodinâmico. Do linímetro até a referência de nível em terra, é usado o nivelamento geométrico. No caminho terra-água-terra é executado o nivelamento geométrico desde uma referência de nível de partida até o linímetro de entrada (transição terra-água). Do linímetro de entrada até uma EAV no início da zona útil, entre EAVs no início e fim da zona útil e entre a EAV do fim da zona útil e o linímetro de saída (transição água-terra) são executados os nivelamentos orbitais ou hidrodinâmicos. Do linímetro de saída até a referência de nível de chegada segue por nivelamento geométrico. A avaliação do desempenho das linhas de nivelamento híbrido será realizada a partir das especificações e normas para levantamentos geodésicos associados ao sistema geodésico brasileiro, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da NBR13133 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). São utilizados como parâmetros a diferença máxima aceitável em uma linha de nivelamento geométrico que é de $1,5 \text{ mm} \cdot (\text{D}/\text{km})^{1/2}$ (controle geodésico de estações maregráficas), $3 \text{ mm} \cdot (\text{D}/\text{km})^{1/2}$ (vinculação entre estações maregráficas) e $4 \text{ mm} \cdot (\text{D}/\text{km})^{1/2}$ (densificação) e $12 \text{ mm} \cdot (\text{D}/\text{km})^{1/2}$ (fins topográficos), com D denotando distância. Desta forma será analisado se o modelo de topografia média na zona útil e os modelos para o preenchimento da lacuna permitem precisões relativas entre 0,4 mm/km e 1,2 mm/km, suficientes para a aplicação na densificação da rede altimétrica e para fins topográficos.

Palavras-chave: geodesia, nivelamento, corpo hídrico.