

CONTROLE DE QUALIDADE APLICADO A DADOS GRAVIMÉTRICOS

Gabriela Pasetto Falavigna¹, Sérgio Florêncio de Souza²

¹ Engenharia Cartográfica, UFRGS, Porto Alegre/RS – gabi_falavigna@hotmail.com

² Laboratório de Pesquisas em Geodésia (LAGEO), UFRGS, Porto Alegre/RS – sergio.florencio@ufrgs.br



INTRODUÇÃO

Na área da Geodésia Física erros nos dados gravimétricos se apresentam na determinação do modelo do geóide, afetando a transformação da altitude geométrica, obtida por receptores GNSS, em altitude ortométrica, obtida através dos métodos clássicos de nivelamento (nivelamento geométrico, trigonométrico e barométrico). Geralmente, esses erros podem ser de três tipos: sistemáticos, aleatórios e grosseiros.

O erro sistemático é um erro cumulativo que, a princípio, pode ser eliminado ou compensado, pois está associado à calibração do instrumento de medição, aos fatores ambientais e ao uso de fórmulas teóricas aproximadas para obtenção de resultados (Vuolo, 1996).

O erro aleatório apresenta origens diversas e incoerentes, entre elas estão os instrumentos de medida, pequenas variações nas condições ambientais, limitações do observador sujeito a flutuações (em particular, visão e audição) (Xavier, 2009); assim, esse erro não pode ser controlado. No entanto, com base em estudos experimentais, quando o tamanho da amostra aumenta, esse erro tende a apresentar uma distribuição de frequência normal (curva de Gauss), conhecida na teoria dos erros por *curva dos erros* (Gemael, 1994).

Já os erros grosseiros, ao contrário dos erros sistemáticos e aleatórios, não são cumulativos nem apresentam uma distribuição de frequência normal quando o tamanho da amostra aumenta. O erro grosseiro é um engano que pode acontecer na medição ou nos cálculos (Vuolo, 1996) e pode ser causado por vários motivos, dentre eles: leitura errada do operador, anotação errada dos dados medidos, erro de digitação dos dados de campo, entre outros.

Nesse trabalho, para a identificação dos erros grosseiros, fez-se uso da análise gráfica e estatística dos resíduos.

OBJETIVOS

➢ Obtenção de um banco de dados gravimétricos do Estado do RS através da integração de observações da gravidade vindas de diferentes Instituições;

➢ Detecção e remoção dos possíveis erros grosseiros presentes nesse banco de dados.

METODOLOGIA

O procedimento de validação do banco de dados constituiu-se de 4 etapas: montagem do banco de dados e eliminação dos dados duplicados; análise gráfica para detecção de possíveis erros grosseiros; geração de resíduos utilizando os dados do SRTM e do EGM2008; análise estatística e interpretação dos resultados.

A integração dos pontos amostrados das três diferentes Instituições (IAG/USP, IBGE e UFRGS) resultou num total de 9.501 pontos. Para cada ponto foram medidas, em campo, observações da latitude, longitude, altitude ortométrica e informação da gravidade.

A partir da verificação da latitude e longitude dos pontos foi realizada uma análise para eliminação das observações duplicadas. Com isso, foram identificados 225 pontos. Após, foram gerados 2 tipos de resíduos chamados de **teste 1** e **teste 2**. O **teste 1** consistiu nos resíduos gerados através da comparação entre as observações altimétricas do modelo digital de elevação SRTM e as medidas em campo através dos métodos convencionais; o **teste 2** consistiu nos resíduos gerados através da comparação entre as observações gravimétricas do modelo do geopotencial EGM2008 e as obtidas por gravímetros.

A definição dos limiares de corte foi feita com base na suposição de que os resíduos altimétricos e gravimétricos acompanhassem a distribuição normal e através da interpretação estatística desses resíduos.

Análises realizadas:

• Análise Global

Consistiu na avaliação de toda a área do RS, sem compartimentá-la. Os resultados estatísticos alcançados com a aplicação dos testes no banco de dados podem ser verificados na Tabela 1.

Tabela 1 – Estatísticas referentes às 6.164 observações dos testes residuais

Valores residuais	Nº pontos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Altimétricos (teste 1) m	6164	-250,99	793,47	-2,63	23,21
Gravimétricos (teste 2) mGal	6164	-369,39	112,61	-2,60	12,66

A partir da interpretação da Tabela 1, adotaram-se os seguintes limiares de corte, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 – Limiares de corte adotados igual a três vezes o desvio padrão dos resíduos

Resíduos	Mínimo (limiar de corte)	Máximo (limiar de corte)
Altimétricos (teste 1) m	-70	+70
Gravimétricos (teste 2) mGal	-38	+38

A Tabela 3 apresenta os resultados estatísticos obtidos após a eliminação dos 284 pontos considerados erros grosseiros.

Tabela 3 – Estatísticas obtidas após a eliminação das observações consideradas erros grosseiros

Valores residuais	Nº pontos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Altimétricos (teste 1) m	5880	-69,92	69,47	-0,13	12,38
Gravimétricos (teste 2) mGal	5880	-37,52	37,61	-2,59	10,50

• Análise Regional

Devido ao número de pontos identificados pela aplicação dos testes 1 e 2 no banco de dados, verificou-se a possibilidade de avaliar a detecção de erros grosseiros por regiões. Assim, a área do RS foi compartimentada em quatro regiões: Região I, Região II, Região III e Região IV e esta última (região que concentrava o maior número de dados) foi subdividida em mais três regiões: Região IV-1, Região IV-2 e Região IV-3 para verificar se a aplicação dos testes estatísticos em áreas menores influencia na quantidade de pontos identificados como erros grosseiros.

Considerando as quatro regiões (I, II, III, IV) foram identificados 256 pontos suspeitos de conter erros grosseiros. Desses pontos, 205 coincidem com os identificados na análise Global e dos 7 pontos identificados na análise anterior por ambos os testes, 4 coincidem com os detectados depois do compartilhamento da área. Na Região IV foram identificados 161 pontos suspeitos de conterem erros grosseiros, onde 2 pontos foram identificados por ambos os testes. Com a subdivisão dessa área em 3 subáreas, foram detectados 65 pontos suspeitos, onde 5 pontos foram identificados por ambos os testes. Desses 65 pontos, 29 coincidem com os identificados antes da subdivisão e dos 5 pontos detectados pelos dois testes 1 coincide com os identificados anteriormente.

Na análise Global foram detectados 284 pontos suspeitos de conter erros grosseiros e nessa análise, somando os pontos identificados nas Regiões I, II, III e IV, foram identificados 256 pontos, ou seja, 28 pontos a menos. Da mesma forma, analisando a Região IV foram detectados 161 pontos suspeitos e depois da subdivisão dessa região em três sub-regiões foram identificados 65 pontos suspeitos (96 pontos a menos).

Sendo assim, após a análise Regional, concluiu-se que a medida que a extensão da área avaliada diminui, a quantidade de pontos identificados como erros grosseiros também diminui. Portanto, concluiu-se também que a aplicação do critério adotado depende da extensão da área em estudo, pois quanto menor for a área avaliada menor será o número de pontos identificados como suspeitos. Assim, deve existir uma extensão de área mínima a ser considerada para que a aplicação desse método não se torne ineficaz.

• Análise Local

Por último realizou-se uma análise Local, que consistiu na divisão do RS em áreas de 1°x1° aproximadamente. Com isso, foram identificados 172 pontos suspeitos (112 pontos a menos dos identificados pela análise Global e 84 pontos a menos dos identificados pela análise Regional). Desses 172 pontos suspeitos, 78 coincidem com os identificados na análise Global e dos 7 pontos detectados pelos dois testes 4 pontos coincidem com os identificados nas análises Regional e Global. Dos 205 pontos identificados coincidentes nas análises Regional e Global, 61 coincidem com os identificados na análise Local.

Sendo assim, concluiu-se que somente os 65 pontos identificados comuns às três análises (Global, Regional e Local) podem ser considerados erros grosseiros e devem ser removidos do banco de dados.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

➢ Os pontos identificados, comuns às três análises, localizados na região de maior altitude (região nordeste do RS) provavelmente apresentam erros relacionados à altimetria terrestre, devido à falta de Referências de Nível (RRNN) nessa região ou à incorreta aquisição das altitudes.

➢ Os pontos localizados em altitudes mais baixas (região da Planície Costeira, Depressão Central e oeste do Planalto Meridional) possivelmente apresentam erros associados à planimetria, devido à extração de coordenadas interpoladas de cartas topográficas, o que implica numa precisão de algumas centenas de metros (dependendo da escala da carta) e à geologia da região, pois as características geológicas interferem nos valores da aceleração da gravidade.

➢ A região do Escudo corresponde à área onde está localizada a maior concentração dos pontos prováveis de conter erros grosseiros. Acredita-se que a localização desses pontos se deva à geologia muito complexa encontrada nessa região: relevo ondulado com grande variação altimétrica e vertentes com afloramento rochoso e cristas; além disso, a região do Escudo é constituída por rochas ígneas do período Pré-Cambriano, apresentando rochas metamórficas na região do Complexo Cangucu e rochas magmáticas na região das Súltes Graníticas e apresenta também vertentes íngremes com manto de alteração pouco espesso. Essas características geológicas encontradas nessa região, provavelmente contribuem para a ocorrência de erros nas medições planimétricas, altimétricas e gravimétricas dos pontos.

Isso demonstra que os resultados obtidos são coerentes, pois a maior probabilidade de ocorrência de erros na altimetria é em áreas de topografia acidentada; as posições geográficas extraídas de cartas topográficas podem originar erros na planimetria dos pontos, desviando-os das linhas de nivelamento e as discrepâncias identificadas nos valores da aceleração da gravidade podem ter relação com a geologia da área em questão, pois a aceleração gravitacional sofre influência direta da distribuição irregular das densidades das rochas em subsuperfície.

Assim, ao final dessas considerações e das interpretações obtidas através das análises Global, Regional e Local, obteve-se um banco de dados gravimétricos com 6.099 pontos.

REFERÊNCIAS

Barros, R.S. & Cruz, C.B.M. 2007. Avaliação da altimetria do modelo digital de elevação do SRTM. SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 21-26 abril 2007, Florianópolis. Anais XIII Florianópolis, INPE. p. 1243-1250. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/coltdipi.inpe.br/sbr@80/2006/11.15.13.17/doc/1243-1250.pdf>>. Acesso em 14/01/2013.

GeoMundo. 2012. Geodésia. Disponível em: <<http://www.geomundo.com.br/geografia-30167.htm>>. Acesso em 21/12/2012.

IBGE. 2012. Sistema Geodésico Brasileiro. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/oravimetrica.shtml>>. Acesso em 20/12/2012.

IFRS/UFMS. 2013. Regiões Fisiográficas. Disponível em: <<http://coralx.ufms.br/ifrs/fisiografia.htm>>. Acesso em 08/01/2013.

IFRS/UFMS. 2013. Relevômetro. Disponível em: <<http://coralx.ufms.br/ifrs/relevômetro.htm>>. Acesso em 08/01/2013.

Sproule, D.M.; Featherstone, W.E. & Kirby, J.F. 2006. Localised gross-error detection in the Australian land gravity database: Exploration Geophysics, 37, 175-179.

USGS/EROS. 2013. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) - "Finished". Disponível em: <http://eros.usgs.gov/#/Find_Data/Products_and_Data_Available/SRTM>. Acesso em 24/01/2013.

Vuolo, J.H. 1996. Fundamentos da Teoria de Erros. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 249p.

Xavier, M.B. 2009. Detecção de erros grosseiros em banco de dados gravimétricos terrestre do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 103p. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.



MODALIDADE DE BOLSA

Iniciação Científica - IC