



Correções de Terreno para o trecho Meridional da Serra do Mar

Francisco de Assis Nascimento Jr*, Wladimir Shukowsky**, Marta S. M. Mantovani*** IAG-USP, Brasil

*Aluno de Iniciação Científica, **Professor Colaborador, *** Orientadora

Copyright 2003, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper were reviewed by The Technical Committee of The 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction, or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of The Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

Terrain Corrections for the external 1,42 km topography component has been applied to the southern region of Serra do Mar, a region characterized by irregular topography. The corrections are used as a refinement for the gravity measurements taken in the area. The developed software for this use was tested with the Gtopo30 data of USGS, which present an accuracy of about 30 arcs of second (nearly 1 km) for the horizontal line and 30 meters for the vertical line. At the coastal zone altitudes lower than a meter are neglected. This data set was chosen due to its regularly spaced grid, which is a coarse representation of physical surface, speeding the working procedures. As result a 7mGal isolated maximum value ($10\text{-}3\text{cm/s}^2$) and a minimum of zero were obtained. To correctly apply the program, high resolution topography maps are required, so the calculation of the terrain correction will represent faithfully the local physical properties. An error of 1 meter at the vertical scale corresponds to c.a. 0,30 mGal.

Introdução

A Correção de Terreno (correção suplementar que avalia o erro causado na correção Bouguer pelas ondulações do relevo existentes em uma região topografia acidentada) é de extrema importância para o refinamento de dados gravimétricos. Hayford e Bowie (1912) foram os primeiros a apontarem para a necessidade dessa correção, mas somente depois que Hammer (1939) modificou e estendeu o cálculo para distâncias até cerca de 22 km, o método passou a ser amplamente utilizado em levantamentos gravimétricos (Novell 1999).

Hammer (1939) demonstra que as observações gravimétricas de um terreno montanhoso estão sujeitas a muitos erros, a menos que sejam feitas correções acuradas dos efeitos das ondulações da topografia. Embora essas anomalias sejam tidas como insignificantes, sua correção deve responder à precisão instrumental dos gravímetros modernos permitindo estender a prospecção gravimétrica por todo um território montanhoso, sem perdas apreciáveis em sua precisão.

Apesar do esforço de vários autores no desenvolvimento de técnicas automáticas mais eficientes (ex. Boedecker

1975; Ketelaar 1987; Lopez 1990; Parker 1996; Banerjee 1998), muitas empresas de prospeção e centros de pesquisa ainda utilizam as cartas tradicionais de Hammer (1939) para a correção de terreno, seguindo as recomendações de livros-texto até recentes (ex.: Dobrin e Savit 1988). Entretanto, é sabido que a técnica de Hammer se torna ineficiente se utilizada para estações gravimétricas adjacentes: a superposição das zonas definidas por esse método implica numa multiplicação desnecessária de cálculos e o tempo assim gasto pode ser poupado com o uso de algoritmos computacionais - técnicas mais modernas que utilizam modelos digitais da elevação do terreno ("digital elevation model" - DEM ou "digital terrain model" - DTM), seguindo a mesma metodologia ao dividir a área em prismas e cilindros (Banerjee 1998).

Método

A maioria das técnicas divide o cálculo da correção em duas partes: a correção para uma área circular externa ($R_1 < r < R_2$) utilizando o modelo digital sobre uma malha regular, e a correção para uma área interna ($0 < r < R_1$) fig (1), utilizando algum tipo de representação mais detalhado da topografia no entorno do ponto de observação. Os valores de R_1 e R_2 variam de acordo com cada método (ex. Boedecker 1975; Lopez 1990; Banerjee 1998). TERRCORR, programa originalmente desenvolvido junto ao GEOLIT-IAG-USP (por W.S.) em linguagem FORTRAN 77 calcula as correções de terreno a serem aplicadas a uma região, a partir de um mapa digitalizado da topografia, não separando o terreno conforme descrito acima. Seu resultado é fornecido em forma de arquivo-listagem simples, correspondendo à soma total dos efeitos topográficos para serem corrigidos em cada estação de medida da aceleração da gravidade, sem diferenciar o detalhamento da topografia nas proximidades da estação.

Embora o software trabalhe com uma rotina de cálculo que fornece o resultado total das correções de terreno, para incrementar a eficiência do programa, introduziram-se alterações de acordo com o modelo proposto por LOPEZ (1990): o *grid* topográfico é delimitado por dois anéis concêntricos cujos raios são definidos pela distância a cada estação. Essa geometria configura um toróide com raios $R_1 < R_2$, sendo a área externa contida entre R_1 e R_2 (fig. 1). O toróide, por sua vez, é subdividido em prismas verticais cuja seção horizontal se ajusta ao espaçamento do *grid* da base topográfica. A área interna, contida no círculo de raio R_1 , utiliza uma base topográfica mais detalhada.

A atração gravitacional da topografia no toróide calculada para o ponto da estação é dada por:

$$g = 2GDA^2x \frac{(R_2 - R_1 + \sqrt{R_1^2 + H^2} - \sqrt{R_2^2 + H^2})}{R_2^2 - R_1^2} \quad (1)$$

onde:

g = atração gravitacional

G = constante gravitacional ($6,67 \times 10^{-8} \text{ cm}^3 \text{g}^{-1} \text{s}^{-2}$)

D = densidade geológica local

A = comprimento do lado horizontal do prisma (dependente do espaçamento do *grid*)

R_1 = raio do círculo interno do toróide

R_2 = raio do círculo externo do toróide

H = altura do prisma

O resultado alcançado constitui contribuição importante para o refinamento dos dados gravimétricos levantados na região, sendo apresentado sob forma de mapa da correção de terreno relativa à “área externa”.

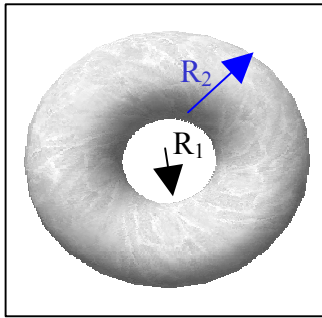


Figura 1

Ao fornecer ao programa o arquivo que contém a malha com as informações do relevo e um arquivo com as coordenadas das estações, este solicitada a unidade dos dados topográficos (metros ou quilômetros), e as coordenadas das estações. O cálculo da anomalia do terreno é então efetuado levando-se em conta a densidade da topografia (g/cm^3). Geralmente se utiliza o valor médio da densidade da topografia (de $2,2 \text{ g/cm}^3$), podendo o valor ser alterado levando-se em conta as características geológicas da região.

O cálculo da correção de terreno não é aqui realizado para a área interna, ficando ao encargo do operador o refinamento dos dados contidos nessa área com a definição que melhor lhe aprouver, dependendo da resolução espacial do levantamento. Este procedimento possibilita a confecção de cartas variadas das correções de relevo em uma determinada região antes da aquisição de dados gravimétricos, permitindo ao pesquisador discriminar as áreas que requerem cuidado especial na determinação da altitude da estação gravimétrica. A

separação da área digitalizada agiliza o trabalho, diminuindo quantitativamente o número de pontos a serem calculados pelo computador, além de garantir a possibilidade de escolha de diferentes raios para as áreas, conforme a necessidade.

O algoritmo computacional utiliza uma linha de distribuição de massa vertical para cada prisma distante mais de 15 km do ponto de medida. Isso é feito de modo a ganhar tempo computacional pois, para distâncias superiores a 15 km de raio na área externa, o valor de atração gravitacional dos prismas apresenta uma diferença ínfima quando comparado ao resultado calculado através de linhas de massa.

O programa SURFER (Golden Software) foi eleito para a confecção dos mapas de correção distante, e necessita para seu funcionamento de arquivos de dados em forma de listagem (.DAT) e em forma de *grid* (.GRD). O arquivo .GRD representa uma malha regular de distribuição dos dados topográficos da região, e o arquivo .DAT contém as coordenadas com a localização das estações gravimétricas medidas, ou de pontos regularmente distribuídos sobre uma malha contida na área de interesse.

O arquivo de saída pode ser utilizado diretamente no programa SURFER para a representação das correções.

Resultados

No presente trabalho determinou-se a correção de terreno da área externa para a região compreendida entre as coordenadas 7340 à 7140km e 500 à 800km (datum SAD 69, projeção UTM, meridiano central -51) região esta caracterizada por uma topografia acidentada (figura 2). Como resultado foram obtidos valores máximos isolados de 7 mGal (10^{-3} cm/s^2) próximo das áreas mais acidentadas, com mínimos da ordem de zero.

O raio da zona interna foi fixado em 1.42 km ($\approx \sqrt{2}$ para um intervalo de amostragem de 1 km na malha), valor escolhido de modo a evitar a sobreposição de áreas internas adjacentes, e para a área externa o raio (R_2) de 30 km . A densidade de $2,673 \text{ g/cm}^3$ representa as irregularidades geológicas pertinentes. Uma vez feita a correção, o arquivo foi processado no programa SURFER resultando na imagem da Figura 3.

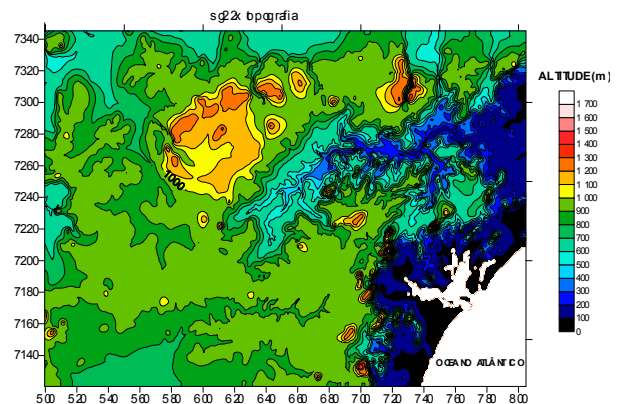


Figura 2

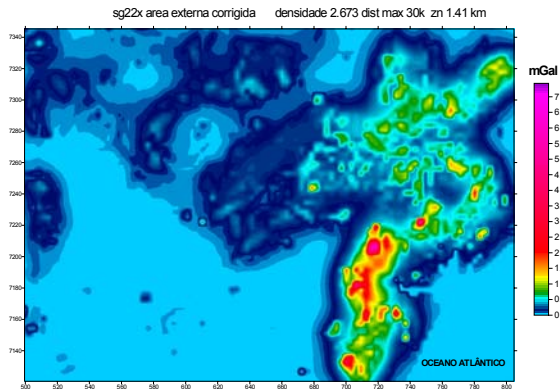


Figura 3

Conclusão

Apresentou-se uma metodologia expedita de cálculo automático para obter a contribuição da correção de terreno, a partir de uma distância R_1 (m) dos pontos de medidas gravimétricas. A contribuição da correção para áreas internas a R_1 não foi contemplada uma vez que exige um detalhamento característico para cada região de estudo, e não constituía objeto da proposta.

A ferramenta apresentada se aplica a qualquer região podendo preceder o levantamento gravimétrico fornecendo indicativos para a localização mais conveniente da estação.

Como exemplo e contribuição às medidas já existentes, apresentou-se o cálculo dessa correção para uma área de 30.000 km² correspondente à folha topográfica sg22x na escala 1:100.000.

Em correspondência às áreas adjacentes da Serra do Mar observam-se os maiores valores de correção, atingindo em raros casos até 7mGal, e tendo como valor médio entre 1 e 1,5 mGal. Nas áreas mais afastadas essa correção é desprezível face aos erros propagados na determinação de g em levantamentos gravimétricos regionais.

Agradecimentos

Ao técnico André Rugenski pelas sugestões no decorrer do desenvolvimento do trabalho Ao CNPq pelo apoio financeiro sob a forma de bolsa de Iniciação Científica

Bibliografia e Referências

Banerjee, P., 1998. Gravity measurements and terrain corrections using a digital terrain model in the NW Himalaya. COMPUTERS & GEOSCIENCES, 1998, V.24(10): 1009-1020

Boedecker, G., 1975. An Economically Working Method for Computing the Gravimetric Terrain Correction. J. GEOPHYSICS, V.41:513-521.

Hammer, S.,1939. Terrain Corrections for Gravimeters Stations. GEOPHYSICS, 4:184-194.

Hammer, S., 1973. Topographic and Terrain Correction for Airbone Gravity. GEOPHYSICS, V. 38 (1):174.

Hammer, S., 1974. Topographic and Terrain Correction for Airbone Gravity. GEOPHYSICS, V. 39(4):537-542.

Hammer, S., 1982. Critique of Terrain Corrections for Gravity Stations. GEOPHYSICS, 47(5):839-840.

Ketelaar, ACR., 1976. System for Computer-Calculation of Terrain Correction in Gravity Surveing. GEOEXPLORATION, V. 14 (1): 57-65.

Ketelaar, ACR., 1987. Terrain Correction for Gravity Measurements, Using a Digital Terrain Model (Dtm). GEOEXPLORATION, V. 24(2): 109-124.

Kirby, JF; Featherstone, WE., 1999. Terrain correcting Australian gravity observations using the national digital elevation model and the fast Fourier transform. AUSTRALIAN JOURNAL OF EARTH SCIENCES, V.46(4):555-562.

Li, YC; Sideris, MG, 1994. Improved Gravimetric Terrain Corrections. GEOPHYSICAL JOURNAL INTERNATIONAL, Vol.119 (3):740-752.

Lopez, HRB., 1990. Fortran Program for Automatic Terrain Correction of Gravity Measurements. COMPUTERS & GEOSCIENCES, V. 16(2):237-244.

Ma, XQ; Watts, DR., 1994. Terrain Correction Program for Regional Gravity Surveys. COMPUTERS & GEOSCIENCES, V. 20(6):961-972.

Nowell, DAG., 1999. Gravity Terrain Corrections – An Overview. JOURNAL OF APPLIED GEOPHYSICS, V.42:117-134.

Parker, RL., 1995. Improved Fourier Terrain Correction .1. GEOPHYSICS, V.60(4):1007-1017.

Parker, RL., 1996. Improved Fourier Terrain Correction .2. GEOPHYSICS, V.61(2):365-372.

Rugenski, A., (2001). - *Investigação geofísica do complexo alcalino Pariqueira-Açu, com ênfase em gravimetria*. São Paulo, Inst. Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 77pp.

SLAVEC, G. B., (2000). *Resultados gravimétricos obtidos na região do complexo alcalino de Juquiá- SP*. Trabalho de graduação II. Instituto Astronômico e Geofísico, IAG/USP, 50pp.

Gtopo30 (2000). Global Topographic Data – United States Geological Survey - USGS, <http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/gtopo30.html>