



GRAV_MAG_PRISMA: Um programa em MATLAB®/OCTAVE para geração de anomalias gravimétricas e magnéticas de corpos prismáticos

Alessandra de Barros e Silva Bongioiolo¹, Jeferson de Souza^{1,2}, Francisco José Fonseca Ferreira¹, 1 – Laboratório de Pesquisas em Geofísica Aplicada (LPGA/UFPR), 2 – Laboratório de Análise de Bacias e Petrofísica (LABAP/UFPR).

Copyright 2011, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 15-18, 2011.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do 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

In this paper we present the GRAV_MAG_PRISMA code for generating synthetic gravimetric and magnetic anomalies from prismatic bodies with arbitrary dimensions, densities and magnetizations. The code is developed in MATLAB®/OCTAVE environment with graphical and numerical output. The data are written in XYZ ASCII format and can be contaminated with noise. We also summarize the theory and show some code applications. The code is freely distributed and can be used for research and educational purpose.

Introdução e Objetivos

Anomalias de campos potenciais oriundas de corpos de geometria conhecida tais como prismas, cilindros, etc., têm um papel fundamental na interpretação de dados geofísicos (e.g. Bhattacharyya 1964; Plouff 1976). De particular importância são as anomalias geradas por corpos prismáticos, pois muitas estruturas geológicas de interesse podem ser aproximadas por prismas. Deste modo, estas anomalias, geradas por tais corpos, fornecem informações essenciais para a modelagem geofísica, bem como para avaliação dos métodos de realce (Ferreira et al. 2010). Além disto, propriedades importantes de estruturas em subsuperfície podem ser estimadas por ajuste (via mínimos quadrados, p.ex.) de dados reais a anomalias geradas por estruturas prismáticas. A partir da década de 1960, a introdução dos computadores digitais viabilizou o uso de programas capazes de gerar tais anomalias em três dimensões (e.g. Talwani 1965; Plouff 1976; Sharma 1997). Desde então, diferentes métodos de cálculo têm sido propostos para tratar do tema (e.g. Singh & Guptasarma 2001). A expressão desta anomalia é obtida a partir da integração das equações para os campos potenciais (ou outra grandeza relacionada). No caso do campo magnético a equação do potencial é derivada a partir das equações de Maxwell; no caso do campo gravimétrico as equações são baseadas na lei de Newton para a gravitação universal.

O objetivo deste trabalho foi criar um programa desenvolvido em linguagem MATLAB®/OCTAVE para geração de anomalias geofísicas de corpos prismáticos com densidade e susceptibilidade arbitrárias. As

anomalias são geradas a partir de uma sequência de dados fornecidos pelo usuário, podendo ser obtidos vários prismas, com diferentes características, em uma mesma área. O programa oferece também a possibilidade de se gerar dados contaminados por ruídos e com magnetização remanescente. O código gera uma saída gráfica e permite a gravação de dados em formato ASCII, para que os resultados possam ser utilizados em outros programas de modelagem geofísica. Desta maneira, este programa pode ser utilizado com fins didáticos e de pesquisa.

O programa Grav_Mag_Prisma

O código Grav_Mag_Prisma é composto de um programa principal e várias funções. O programa é rico em comentários, permitindo ao usuário realizar modificações no próprio programa para atender suas necessidades específicas. Neste texto será feita uma breve descrição sobre o funcionamento do programa.

O programa principal executa os seguintes passos em sequência:

- 1- Identifica a forma escolhida para a execução do programa e lê os parâmetros de entrada que o programa necessita.
- 2- Cria a grade onde os campos serão calculados.
- 3- Converte os ângulos para radianos e define as constantes.
- 4- *Loop* sobre o número de prismas. Em cada ciclo são lidos os parâmetros específicos de cada prisma e são calculados os campos para os mesmos. A cada ciclo os campos são somados ao anterior, se for o caso de mais de um prisma.
- 5- Ao término do *loop*, são adicionados ruídos aos dados, se for o caso. Aqui é utilizado ruído Gaussiano com média zero.
- 6- Na sequência são geradas as figuras e os dados são convertidos para o formato "xyz", preparados e posteriormente gravados.
- 7- As funções GRAV e MAG calculam os campos gravimétrico e magnético, respectivamente. Para este cálculo são utilizadas várias funções auxiliares, além da função ROTAT, utilizada para rotacionar o sistema de coordenadas.

O programa foi testado em MATLAB® e GNU/OCTAVE, rodando sobre plataforma LINUX (distribuição UBUNTU).

Ambiente geomagnético - parâmetros globais e específicos

A primeira etapa consiste na definição das dimensões da área onde os corpos serão inseridos e do espaçamento da malha de pontos no programa. Dentro desta área deverão ser fornecidos: os parâmetros globais, o número de prismas e os parâmetros específicos de cada prisma. Também deverá ser definido o nome do arquivo onde os dados serão gravados, no formato xyz.

Para obtenção dos parâmetros globais (declinação, inclinação e intensidade do campo), se torna necessário o conhecimento do ambiente geomagnético no qual os corpos estão imersos.

Para possibilitar a comparação dos modelos gerados a dados reais, o usuário necessita ter conhecimento das características do levantamento gravimétrico e/ou magnético que deseja comparar aos modelos prismáticos gerados pelo programa (p.ex. data da aquisição dos dados e altura de vôo) e fornecer os mesmos parâmetros para os dados sintéticos.

De posse destas informações o usuário deverá acessar o site http://www.ngdc.noaa.gov/geomagmodels/IGRFWM_M.jsp, entrar com os dados dos levantamentos geofísicos para obtenção da declinação, inclinação e intensidade do campo magnético.

Os parâmetros específicos de cada prisma são: largura, comprimento e espessura, as coordenados do centro, profundidade, a inclinação em relação ao norte, a susceptibilidade magnética e a densidade do corpo e, se for o caso, a declinação, inclinação e intensidade da magnetização remanescente.

Ainda, há a possibilidade de se contaminar os dados, tanto gravimétricos quanto magnéticos, com ruídos artificiais para simular uma situação que possa ocorrer com os dados reais.

Aplicação do programa GRAV_MAG_PRISMA

Para demonstrar o funcionamento do programa foram gerados dois exemplos com prismas de características distintas, variando-se principalmente a espessura, a inclinação e a profundidade ao topo das fontes, como também as características de densidade e magnetização, no sentido de avaliar a atenuação e o realce dos sinais.

Os parâmetros globais utilizados para geração dos prismas de ambos os exemplos, são relacionados a dados reais correspondentes a uma região localizada na porção Norte do Brasil, na Bacia do Amazonas, no Estado do Pará, denominada Tapajós (Tab.1). Um modelo construído a partir deste programa foi utilizado no trabalho de Bongiollo & Ferreira (2011).

O primeiro exemplo mostra seis prismas com características distintas, inseridos numa área de 6000x6000 metros. A Figura 1 apresenta os modelos sintéticos 3D do Exemplo 1, construídos com os parâmetros exibidos na Tabela 2.

Tabela 1 - Parâmetros globais dos modelos dos exemplos 1 e 2.

| Parâmetros | Tapajós |
|-----------------|---------------------------|
| Latitude | -04°00'00"S |
| Longitude | -56°00'00"W |
| Declinação (D°) | -13°18' |
| Inclinação (I°) | +12°34' |
| Intensidade (T) | 27.865 x 10 ⁻⁹ |
| Ji (A/m) | 0,61 |

Tabela 2 - Parâmetros específicos dos modelos do Exemplo 1.

| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|------|------|
| Suscep_magnética | 0,0270 | 0,0270 | 0,0270 | 0,0270 | 0.05 | 0.07 |
| Magn_remanescente (A/m) | nula | nula | nula | nula | nula | nula |
| Densidade (kg/m ³) | 2700 | 2700 | 2700 | 2700 | 3000 | 3000 |
| Largura (m) | 2000 | 2000 | 500 | 1000 | 1500 | 1000 |
| Comprimento (m) | 200 | 200 | 500 | 500 | 100 | 200 |
| Espessura (m) | 500 | 500 | 500 | 500 | 250 | 500 |
| Coord. Centro X (m) | 3500 | 1500 | 4500 | 1500 | 4500 | 4500 |
| Coord. Centro Y (m) | 3500 | 1500 | 4500 | 4500 | 1000 | 1000 |
| Profund_topo (m) | 80 | 50 | 200 | 100 | 50 | 150 |
| Inclinação do prisma (°) | 25 | -25 | 0 | 45 | -215 | 75 |

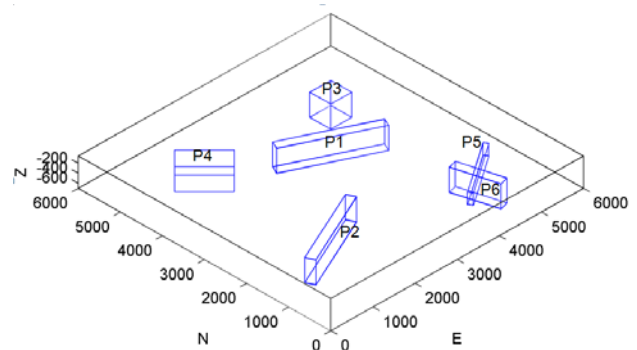


Figura 1: Representação 3D da localização dos modelos sintéticos do Exemplo 1.

O mosaico da Figura 2 exhibe a saída gráfica do programa para as anomalias gravimétricas e magnéticas originadas a partir dos prismas do Exemplo 1 em planta e em 3D.

O segundo exemplo mostra dois prismas, inseridos também numa área de 6000x6000 metros, com as mesmas características, exceto a magnetização remanescente. Neste exemplo foram adicionados ruídos aos dados. A Tabela 3 exhibe os parâmetros específicos para cada prisma e a Figura 3 apresenta os modelos sintéticos 3D do Exemplo 2.

O mosaico da Figura 4 exhibe a saída gráfica do programa para as anomalias gravimétricas e magnéticas originadas a partir dos prismas do Exemplo 2 em planta e em 3D.

Tabela 3 - Parâmetros específicos dos modelos do Exemplo 2.

| | P1 | P2 |
|--------------------------------|----------|--------|
| Suscep_magnética | 0,0270 | 0,0270 |
| Magn_remanescente (A/m) | 0,25 A/m | 0 |
| Densidade (kg/m ³) | 2700 | 2700 |
| Largura (m) | 3000 | 3000 |
| Comprimento (m) | 200 | 200 |
| Espessura (m) | 500 | 500 |
| Coord. Centro X (m) | 3000 | 3000 |
| Coord. Centro Y (m) | 1500 | 4500 |
| Profund_topo (m) | 100 | 100 |
| Inclinação do prisma (°) | 0 | 0 |
| Declin_remanescente (°) | 20 | - |
| Inclin_remanescente (°) | 50 | - |
| Ruído gravimétrico (mGal) | 0,1 | 0,02 |
| Ruído magnético (nT) | 0,1 | 0,02 |

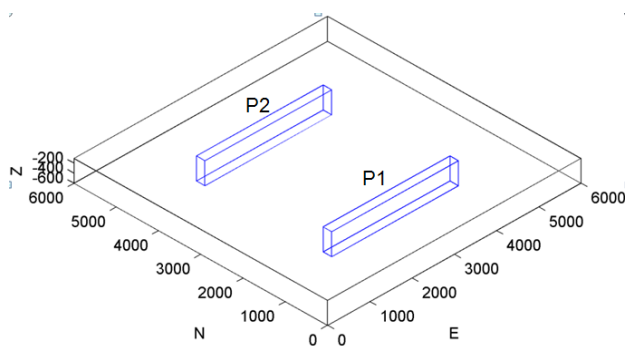


Figura 3: Representação 3D da localização dos modelos sintéticos do Exemplo 2.

Comentários Finais

Neste trabalho apresentamos um programa para a geração de anomalias gravimétricas e magnéticas de corpos prismáticos. O programa pode ser utilizado como ferramenta didática, para o estudo de anomalias de campos potenciais e para a geração de modelos sintéticos para fins de pesquisa. O programa é distribuído livremente (por solicitação aos autores) e permite a comparação de respostas de modelos sintéticos e dados reais em diferentes áreas do globo, inclusive naquelas onde as ferramentas de redução ao polo são consideradas instáveis, como em grande parte do Brasil.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Petróleo Brasileiro S/A (Petrobras) e a Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pelo apoio financeiro para a realização deste trabalho. F.J.F. Ferreira agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa.

Referências

- BHATTACHARYYA BK. 1964. Magnetic anomalies due to prism-shaped bodies with arbitrary polarization. *Geophysics*, 29(4): 517-531.
- BONGIOLO ABS & FERREIRA FJF. 2011. Interpretação magnética-estrutural da região de Itaituba, estado do Pará- Brasil (em prep.).
- FERREIRA FJF, DE SOUZA J, BONGIOLO ABS, CASTRO LG de & ROMEIRO MAT. 2010. Realce de anomalias magnéticas do gradiente horizontal total usando a inclinação do sinal analítico. Parte I - Aplicação a dados sintéticos. In: IV Simpósio Brasileiro de Geofísica. 1 CD-ROM, 2193. Brasília-DF.
- PLOUFF D. 1976. Gravity and magnetic fields of polygonal prisms and application to magnetic terrain corrections. *Geophysics*, 41(4): 727-741.
- SHARMA PV. 1997. *Environmental and Engineering Geophysics*. Cambridge University Press. 1ªed. 500 p.
- SINGH B & GUPTASARMA D. 2001. New method for fast computation of gravity and magnetic anomalies from arbitrary polyhedra. *Geophysics*, 66(2): 521-526.
- TALWANI M. 1965. Computation with the help of a digital computer of magnetic anomalies caused by bodies of arbitrary shape. *Geophysics*, 30(5): 797-817.

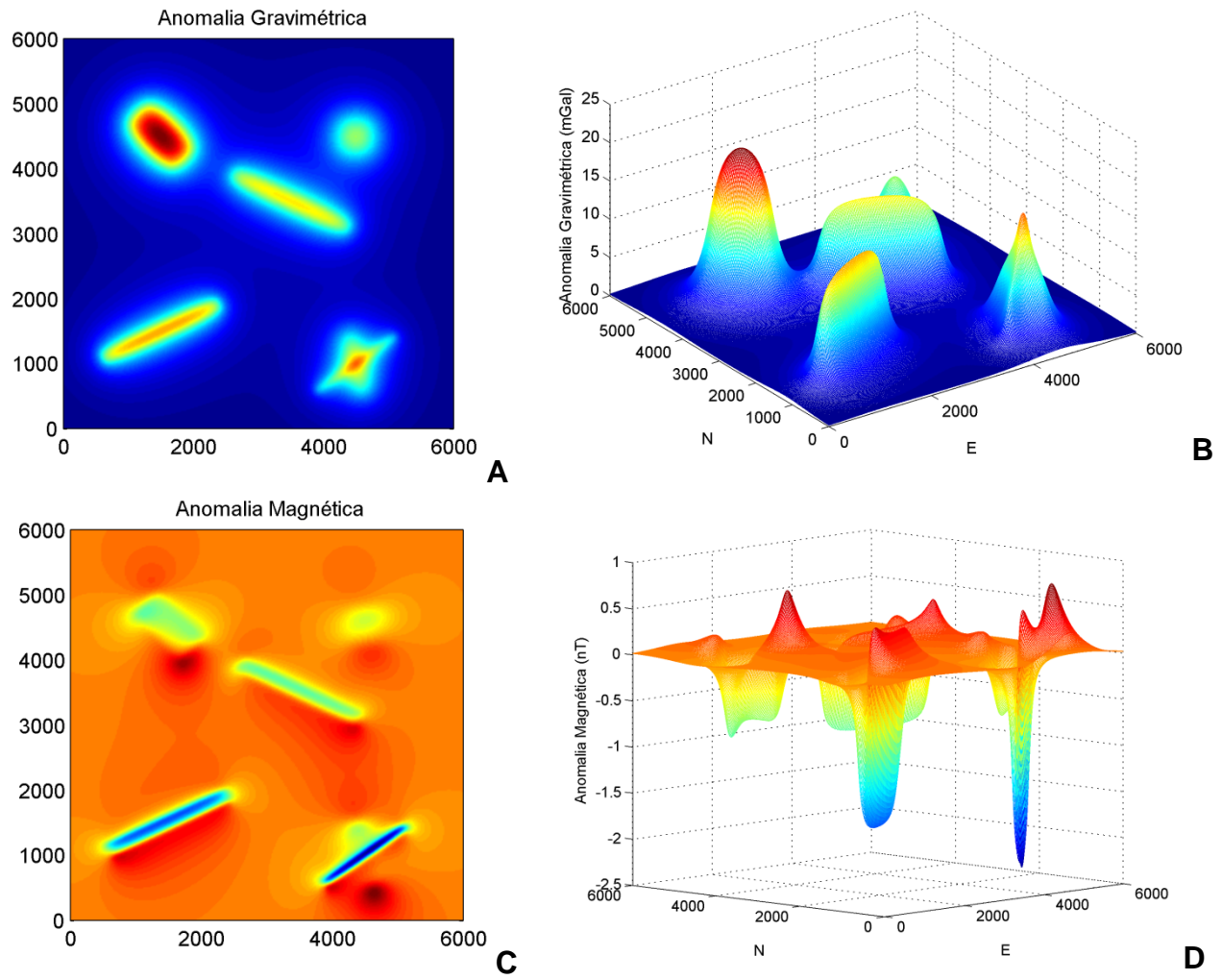


Figura 2: Mapa das anomalias gravimétrica e magnética geradas a partir dos modelos do Exemplo 1, representadas em 2D (painéis A e C) e 3D (painéis B e D).

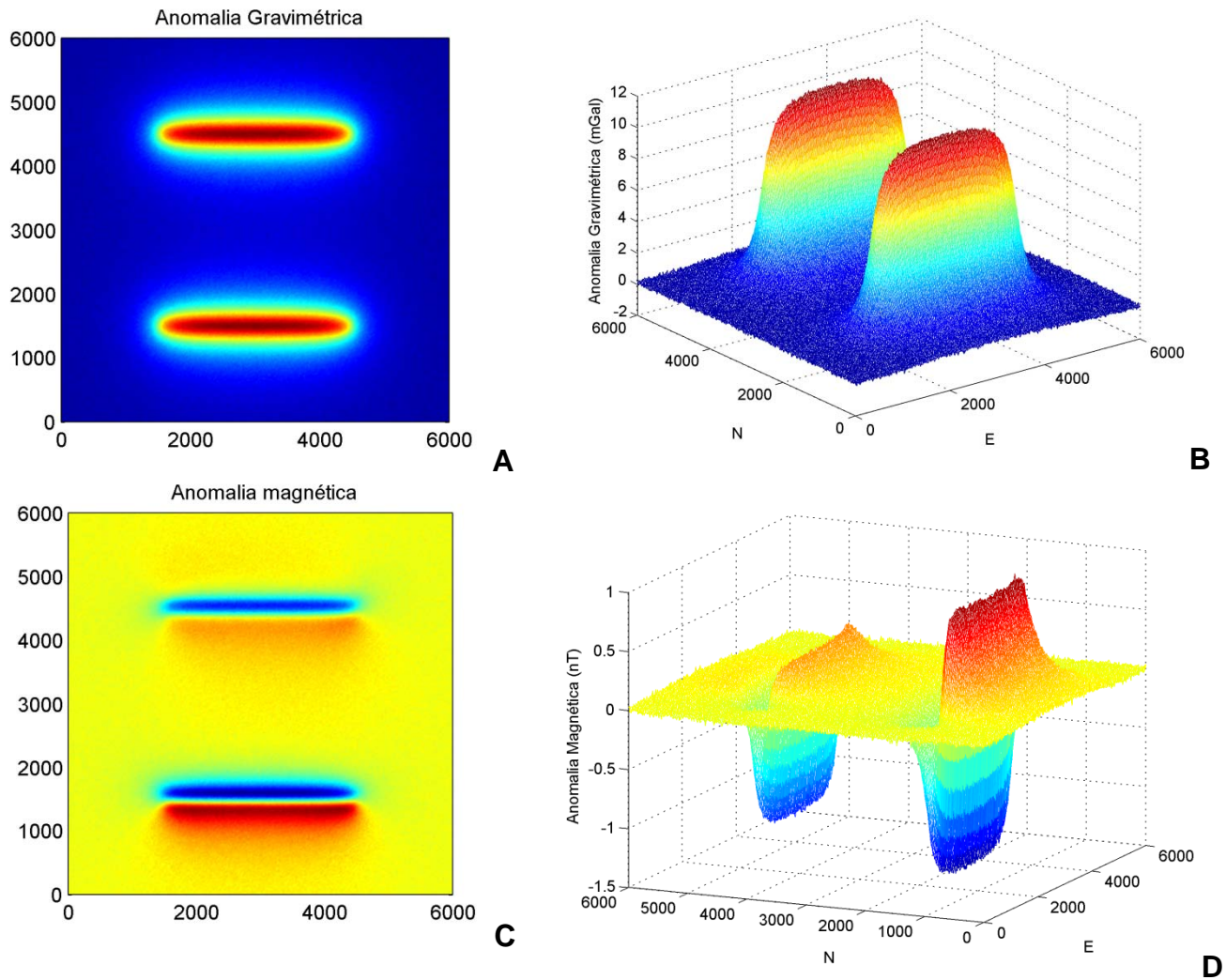


Figura 4: Mapa das anomalias gravimétrica e magnética geradas a partir dos modelos do Exemplo 2, representadas em 2D (painéis A e C) e 3D (painéis B e D).