



Aquisição e interpretação preliminar de dados gravimétricos do SE do Craton S. Francisco

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto*, Naomi Ussami, Nelsi Côgo de Sá, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP, Brasil

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by The Technical Committee of the 9th 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

A total of 176 gravity data was acquired, between coordinates 39° to 49°W and 17° to 23°S situated in SE São Francisco Craton. The position of each gravity station was obtained using GPS relative positioning method. The new data was added to the gravity data-bank of IAG/USP. A total of 12,339 stations were processed and preliminarily interpreted. The geology of this area is represented by Archean and Proterozoic metamorphic terrains of SE São Francisco Craton, including the Araçuaí and Ribeira fold/thrust belts.

In order to separate shallow from deep sources of gravity field, a 50 km upward continued regional field was removed from Bouguer anomaly map. The residual gravity field from the Quadrilátero Ferrífero was correlated with the exposed geological units. Two main sources were mapped, the Archean metamorphic complex and Rio das Velhas Supergroup.

Resumo

Foram adquiridos 176 novos dados gravimétricos, localizados na parte SE do Craton São Francisco, entre as coordenadas 39° a 49° W e 17° a 23° S. A localização espacial de cada estação gravimétrica foi obtida através do método de posicionamento relativo através do equipamento GPS. Os novos dados foram adicionados ao banco de dados gravimétricos do IAG/USP. Um total de 12.339 dados gravimétricos foram processados e interpretados preliminarmente. A geologia da área é representada pelos terrenos metamórficos Arqueanos e Proterozóicos do sudeste do Craton São Francisco, incluindo as Faixas de Dobramentos Araçuaí e Ribeira.

Para separar fontes rasas de fontes profundas do campo gravimétrico, um campo regional continuado para cima a 50 km foi removido do mapa de anomalia Bouguer. O campo gravimétrico residual do Quadrilátero Ferrífero foi correlacionado com as unidades geológicas aflorantes. Duas principais fontes foram mapeadas, o Complexo Metamórfico Arqueano e o Supergupo Rio das Velhas.

Introdução

Dados gravimétricos são fundamentais na caracterização das propriedades físicas da crosta continental, sua espessura e principais feições estruturais, incluindo a delimitação de antigas placas litosféricas. O Departamento de Geofísica do IAG-USP detém o mais importante e completo banco de dados gravimétricos da placa litosférica da América do Sul. A permanente expansão da cobertura de dados em diferentes partes da placa permite a obtenção de modelos crustais, que integrados a dados geológicos oferecem modelos de primeira ordem sobre a origem e evolução da litosfera terrestre. A integração dos dados gravimétricos com outros dados geofísicos permite refinar o conhecimento sobre a estrutura e composição da placa litosférica da América do Sul.

Adota-se no presente trabalho a definição e os limites do Craton São Francisco propostos por Almeida (1977). Como mostrado na Fig. 1, o Craton São Francisco constitui a parte central de um craton arqueano, consolidado no ciclo Transamazônico (2,6 a 1,8 Ga), pouco ou não afetado pela orogênese Brasileira (0,85 a 0,47Ga). Esta última foi responsável pelo desenvolvimento das faixas de dobramentos Brasília, Araçuaí, Ribeira, Sergipana e Rio Preto nas bordas do craton, todas com vergência em direção ao mesmo.

Segundo Almeida (1977), as faixas de dobramentos marginais ao craton apresentam estruturas paralelas às suas bordas, cortando com ângulos variados as estruturas pré-brasilianas de seu embasamento. As coberturas pré-cambrianas no interior do craton depositaram-se durante o ciclo Brasileiro, compreendendo dois complexos sedimentares separados por discordância angular. Deformações são observadas nas coberturas sedimentares próximas às bordas do craton, sendo que no interior as camadas apresentam-se pouco perturbadas.

A área do presente estudo restringe-se as coordenadas 39° a 49° W e 17° a 23° S, uma vez que estão sendo obtidos dados de sondagem eletromagnética profunda em conjunto com o DGE/INPE, visando a interpretação conjunta dos dados geofísicos.

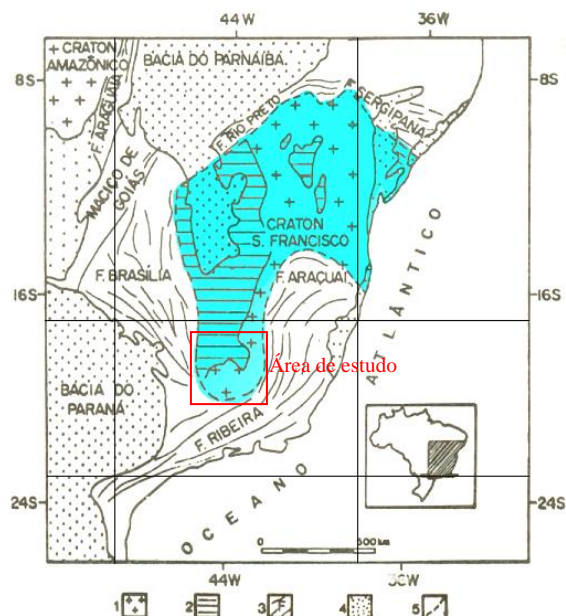


Figura 1: Mapa tectônico simplificado com a localização do Craton São Francisco em relação a outras províncias tectônicas. Modificado de Schobbenhaus et al. (1984). (1) Embasamento arqueano; (2) Cobertura sedimentar do ciclo Brasileiro; (3) Faixa de Dobramentos; (4) Sedimentos fanerozóicos; (5) Limites aproximados do craton pré-brasiliano.

Aquisição dos dados

Tendo em vista uma melhor cobertura dos dados gravimétricos do sudeste do Craton São Francisco, foi realizada uma campanha gravimétrica em setembro de 2002 e outra em março de 2003 com o intuito de refinar a malha de dados da Fig. 2. Estas campanhas tiveram como principais alvos regiões com grandes vazios de dados na região ao sul de Minas Gerais e Norte de São Paulo. Foram adquiridas 176 novas estações gravimétricas que juntadas as outras 12.163 já pré-existentes formam o atual banco de dados gravimétricos do IAG, mostrado na Fig. 2.

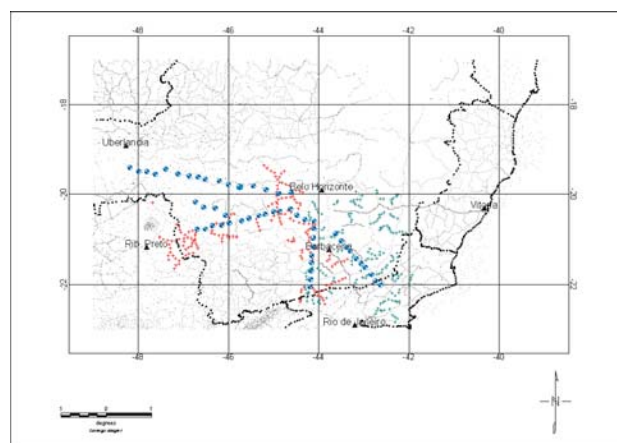


Figura 2: Localização das estações gravimétricas e magnetotéluricas na área do projeto.

Onde:

- Estações gravimétricas do banco de dados do IAG-USP até setembro de 2002;
- Estações gravimétricas obtidas pelo IAG em setembro de 2002;
- Estações gravimétricas obtidas pelo IAG em março de 2003;
- Estações magnetotéluricas (MT).

O ponto de partida da campanha foi a cidade de Vassouras (RJ), onde se localiza o Observatório Magnético do ON/MCT. Na primeira parte da campanha foram percorridas estradas vicinais, com cada estação separada por 10 km. Em cada ponto de medida foi utilizado o GPS (Global Positioning System) diferencial para obtermos o posicionamento espacial da estação gravimétrica.

O posicionamento horizontal e vertical com GPS

Em função da carência de base cartográfica de detalhe e da irregularidade topográfica, que dificultaria o nivelamento barométrico, optou-se por utilizar paralelamente ao levantamento gravimétrico, o GPS diferencial.

O posicionamento diferencial pode ser realizado por meio do pós-processamento, ou em tempo real. O primeiro é mais simples e barato, o segundo é mais complicado por envolver comunicação de dados entre o receptor da base e o móvel através de rádio, o que significa equipamento adicional. Desta forma, optou-se por utilizar o posicionamento diferencial pós-processado.

No posicionamento relativo pós-processado, um receptor é instalado no ponto cujas coordenadas são conhecidas que constitui a base do levantamento. Um receptor móvel percorre os pontos a serem posicionados, para a coleta de dados. Após completar a coleta dos dados em todos os pontos planejados, os arquivos contendo esses dados, armazenados nos receptores, são transferidos para um computador onde os dados sofrem um processamento básico para o cálculo das coordenadas.

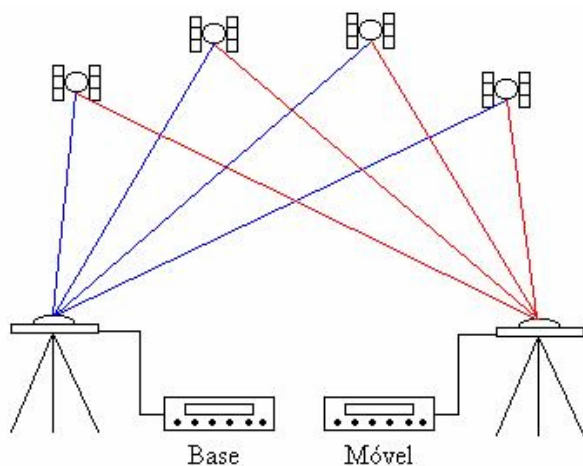


Figura 3: Posicionamento relativo (GPS).

A navegação e o posicionamento das estações gravimétricas foram feitos através de um GPS ASHTECH, modelo Z-12. O processamento foi feito através de um rastreamento contínuo de 20 minutos por estação, com um processamento relativo utilizando-se para isso 4 bases da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) localizadas nas cidades do Rio de Janeiro (RJ), Presidente Prudente (SP), Viçosa (MG) e Brasília (DF). A utilização de pelo menos quatro estações base se faz necessária para obtermos o valor da altitude do ponto onde foi feita a medida gravimétrica. Com isso foi possível obter precisões da ordem de 10 cm para latitude e longitude e de 30 cm para a altitude. Essas incertezas, quando propagadas para o valor da aceleração da gravidade, correspondem a uma variação inferior a 0,1 mGal no valor da gravidade nessa latitude.

Mapas de anomalias gravimétricas

Na Fig. 4 é mostrado o mapa de anomalia Bouguer simples resultante da interpolação dos dados mostrados na Fig. 2. O método de interpolação utilizado foi o de mínima curvatura, com uma grade de 5 km x 5 km.

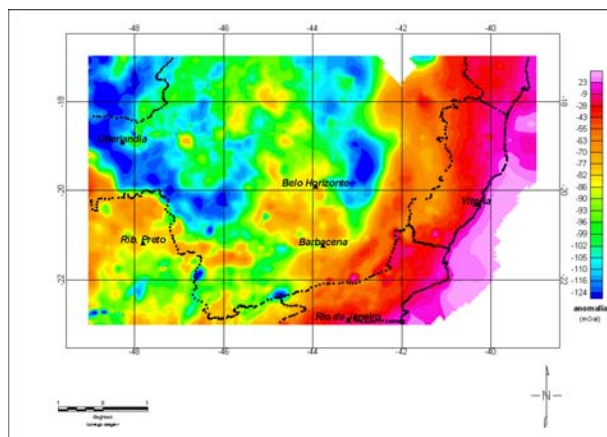


Figura 4: Anomalia Bouguer simples do sudeste do Craton São Francisco.

Neste trabalho utilizou-se como método de separação de anomalias gravimétricas rasas e profundas, o campo regional previsto pela continuação para cima a 50 km.

O mapa residual foi obtido fazendo-se a subtração entre os mapas da anomalia Bouguer simples e a continuação para cima de 50 km.

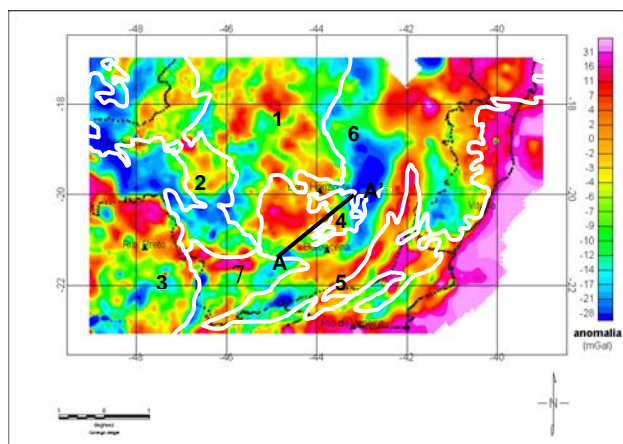


Figura 5: Anomalia Bouguer residual subtraindo-se a continuação para cima de 50 km.

1. Bacia do São Francisco
2. Faixa Brasília
3. Bacia do Paraná
4. Quadrilátero Ferrífero
5. Faixa Ribeira
6. Faixa Araçuaí
7. Complexo de Guaxupé

Interpretação preliminar de anomalias residuais

Com a finalidade de fazer um estudo a respeito das fontes rasas na região do Quadrilátero Ferrífero, foi obtido o gráfico mostrado na Fig. 6 de anomalia gravimétrica residual em função da distância.

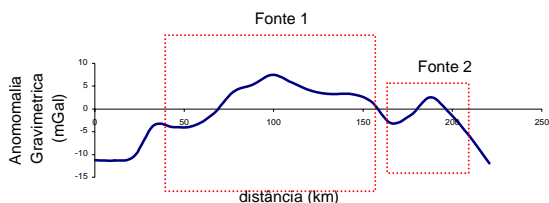


Figura 6: Perfil da anomalia gravimétrica obtida no mapa residual da Fig. 6.

No perfil A-A', é mostrada a influência de corpos na crosta superior. Para testar se esses corpos estão situados na crosta superior, foi feito o cálculo de máxima profundidade (d) da fonte através do método da razão gradiente-amplitude, que para corpos 3-D é dado pela seguinte fórmula: $d < 0.86A_{\max} / A'_{\max}$ (Blakely, 1996). No perfil A-A' é possível identificar a influência de duas fontes distintas, uma centrada no km 100 do perfil (Fonte 1) e outra centrada em torno do km 180 (Fonte 2). Fazendo os cálculos, obtivemos que para a Fonte 1 a máxima profundidade corresponde à $d < 19$ km e a máxima profundidade para a Fonte 2 é de $d < 11$ km. Assim, mostra-se que ambas estão situadas na crosta superior. Elas representariam o Complexo Metamórfico Arqueano para a Fonte 1 e o Supergrupo Rio das Velhas para a Fonte 2, como mostrado na Fig. 7, baseado em Carneiro (1998). Podemos ver também na Fig. 7 que as anomalias gravimétricas positivas 1, 2 e 3 representam o Supergrupo Rio das Velhas e que a grande anomalia gravimétrica 4 delimita o Complexo Metamórfico Arqueano.

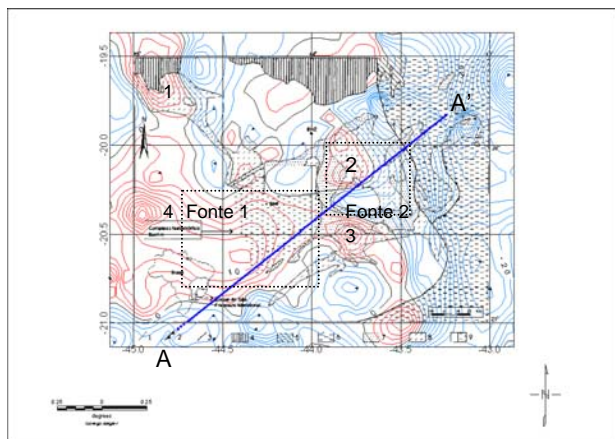


Figura 7: Geologia do Craton São Francisco Meridional (modificado de Carneiro 1992, Teixeira et al 1997) sobreposta às linhas de contorno da anomalia Bouguer residual, Símbolos: Fonte 1: Complexo Metamórfico Arqueano ; Fonte 2: Supergrupo Rio das Velhas.

De acordo com Carneiro et al. (1998), a formação dos terrenos do Craton São Francisco Meridional (CSFM) teve início no Mesoarqueano, quando foram geradas as primeiras massas siálicas que hoje constituem o seu

substrato. Esta crosta siálica, de ampla distribuição regional, está caracterizada por uma grande diversidade petrográfica, predominantemente constituídas de rochas metamórficas, subordinadamente ígneas. Também ocorre uma seqüência supracrustal de natureza vulcano-sedimentar (e.g. Supergrupo Rio das Velhas - SRV) do Neoarqueano e três metassedimentares formadas, respectivamente, no Paleo-Meso e Neoproterozóico (Supergrupo Minas – SM; Supergrupo Espinhaço – SE e Supergrupo São Francisco – SSF). As ocorrências mais significativas do SRV e do SM localizam-se na parte oriental da Fig. 7, onde está situado o Quadrilátero Ferrífero. Ramificações para o norte, noroeste e sudeste compreendem, regionalmente, domínios residuais sugestivos de uma distribuição pretérita mais abrangente.

O Complexo Metamórfico Bonfim Setentrional (CMBS) é um dos fragmentos da crosta siálica do CSFM, cuja evolução geológica teve início ainda no Mesoarqueano. Este complexo, assim como outros do QF (e.g. Complexo Metamórfico Belo Horizonte, Bação, Caeté, etc.), constituem o substrato siálico das seqüências supracrustais. De acordo com Carneiro (1998), o CMBS é constituído por oito unidades litoestratigráficas informais, das quais as seis mais antigas foram geradas ou retrabalhadas no Neoarqueano, uma está relacionada com o Neoproterozóico e uma outra, provavelmente, ao Fanerozóico. Destas oito unidades, quatro são félsicas e demais são máficas e estão representadas por quatro gerações de diques.

Conclusão

O método GPS para o posicionamento das estações gravimétricas mostrou-se bastante adequado para a obtenção das coordenadas das estações gravimétricas, principalmente em regiões com um relevo bastante acidentado, pois esse método possibilitou a obtenção das coordenadas das estações com precisão de ± 10 cm nas coordenadas horizontais e de ± 30 cm no posicionamento vertical.

O estudo das fontes mais superficiais no Quadrilátero Ferrífero mostra a existência de duas principais fontes de anomalia, ambas situadas na crosta superior, porém com profundidades distintas. A assinatura gravimétrica de cada anomalia possibilitou mapear o complexo metamórfico arqueano, que possui uma dimensão maior que a conhecida geologicamente, uma vez que a oeste esse complexo não aflora.

Referência

- Almeida, F.F.M. 1977. O Craton do São Francisco. Rev. Bras. Geoc., 7:349-364.
- Carneiro, M. A., Júnior, I.M.C.; Teixeira, W., 1998, Petrologia, Geoquímica e Geocronologia dos diques

máficos do Complexo metamórfico Bonfim Setentrional (Quadrilátero Ferrífero) e suas implicações na evolução crustal do Craton do São Francisco Meridional, *Revista Bras. Geoc.*, 28: 29-44.

Teixeira, W., Carneiro, M.A, Noce, C.M, Machado, N, Sato K, Taylor, PN, 1997, Pb, Sr and Nd isotope constraints on the Archean evolution of Gneissic-granitoid complexes in the southern São Francisco Craton, Brazil, *Precambrian Research*, 78(1-3), 151-164.

Agradecimento

Agradeço ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica concedida, ao funcionário Clarino do Divino Vieira pelo auxílio nos trabalhos de campo. O trabalho foi financiado pelo projeto temático (Fapesp processo 2000/00806-5) coordenado pelo Prof. Ícaro Vitorello, DGE/INPE/MCT.