

Modelagem gravimétrica do complexo alcalino de Araxá

G. Rodrigues, M. Mantovani, A. Rugenski & W. Shukowsky

Departamento de Geofísica, IAG/USP. gilmarc@iag.usp.br; marta@iag.usp.br; andrerug@iag.usp.br; wladimir@iag.usp.br

Abstract The emplacement process of alkaline intrusions and their volume are important for the understanding of regional tectonics. Here, a gravity study of the Araxá Alkaline Complex, located in the Alto Paranaíba Igneous Province, is presented. It intrudes into proterozoic quartzites and shales, being the quartzite predominant near the contact with the intrusion, shaping a ring variable in width from 100 to 600 meters. The alkaline complex is dome shaped (4.5 km in diameter) composed by ultramafic metassomatized rocks which are cut by carbonatites and phosphorites. The 3D gravity modeling gives a volume of about 30 km³ equivalent to 19 x 10⁹ tons of pyroxenite.

Resumo A identificação do processo de alojamento de intrusões alcalinas e a estimativa dos seus volumes contribui para uma visão da tectônica regional. Apresenta-se aqui o estudo gravimétrico do Complexo Alcalino de Araxá, na Província Ígnea do Alto Paranaíba, intrudido em quartzitos e xistos de idade proterozóica. O quartzito predomina próximo ao contato com a intrusão, formando um anel que se estende lateralmente entre 100 e 600 metros. O complexo alcalino apresenta estrutura circular (4,5 km de diâmetro) constituído por rochas ultramáficas metassomatizadas cortadas por carbonatitos e fosforitos. A modelagem 3D dos dados gravimétricos levantados fornece um volume de cerca de 30 km³ equivalente a uma massa de 19 x 10⁹ toneladas.

Palavras chave: Estudo gravimétrico, modelagem 3D, Complexo Alcalino de Araxá.

GEOLOGIA DA ÁREA O processo de intrusão de corpos alcalinos pode ser expresso por uma variedade de manifestações tectônicas e epirogenéticas, tais como: domeamento devido à presença de pontos quentes (Crough 1983), *rifts* continentais (Morgan & Baker 1983), bacias plataformais e soerguimento de platôs.

Historicamente, o Complexo Alcalino de Araxá e sua estruturação em domos, só vieram a ser caracterizados entre 1953 e 1954, pela Prospec S.A., para o DNPM, após os estudos sobre a apatita (Barbosa *et al.* 1970) e a descoberta do pirocloro (Ilchenko & Guimarães 1954, Barbosa *et al.* 1970). Esses trabalhos motivaram o primeiro levantamento geofísico sistemático da região a partir de 1972, confirmando assim, a presença de rocha alcalina (Seer 2001).

Estudos geológicos na área incluíram a realização de sondagem profunda. A observação dos testemunhos de sondagens mostra que o carbonatito ocorre principalmente como um sistema complexo de veios e diques, de alguns milímetros a vários metros de espessura, respectivamente penetrando as rochas glimeríticas. As injeções de carbonatitos ocorrem em fases diversas e a estrutura em brechas é uma feição proeminente nesse corpo. Nota-se na intrusão uma intensa fase hidrotermal atuante devido à presença de glimeritos e da estrutura fraturada (Fig. 1).

O carbonatito metassomático derivado de um provável piroxenito foi observado em testemunhos de sondagem extraídos da porção centro-oeste de Araxá;

esse carbonatito preserva a textura da rocha ígnea original (Mariano *et al.* 1975). Sovitos típicos estão restritos à porção NW do complexo, ocorrendo também como diques estreitos nas rochas encaixantes (Silva *et al.* 1979).

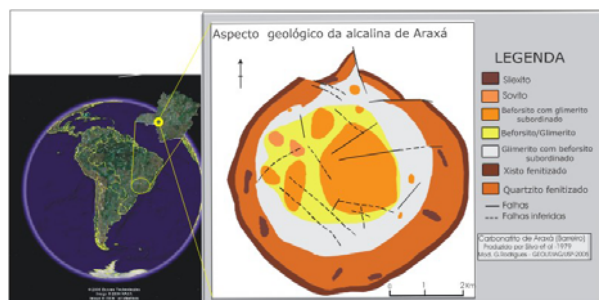


Figura 1. Superfície geológica do Complexo Alcalino Carbonatítico de Araxá (extraído de Grossi-Sad & Torres 1976)

O flogopitito é a rocha mais abundante, constituindo a encaixante dos eventos magmático-metassomáticos cujos produtos são observados no Complexo Alcalino. Esse é cortado por venulações milimétricas a centimétricas de material carbonatado. Foram observadas pelo menos duas gerações de carbonatito com diferentes texturas e granulações: uma constituída essencialmente por cristais de calcita, flogopita, ankerita e fenocristais de apatita; a segunda constituída de veios centimétricos de carbonato de composição dolomítica ferrosa e cristais de pirita euhédricos, que cortam o carbonatito anterior. Veios

de apatita e magnetita apresentam-se intrudidos nos flogopititos e carbonatitos; veios de barita cortam todas as rochas anteriores e, ainda, existem veios de sílexito com até seis metros de espessura e mergulho sub-horizontal (Torres & Gaspar 1995). Essa diversidade de minerais gera uma variação no comportamento geofísico da rocha, interferindo nas estimativas espaciais do corpo. Quando essas variações são ajustadas por meio de alguns poços de perfilação, resultam num modelo mais confiável da jazida.

LEVANTAMENTO GRAVIMÉTRICO O levantamento aerogeofísico do projeto Brasil-Alemanha (CPRM 1972) forneceu as primeiras informações geofísicas do citado complexo que, atualmente, vem sendo palco de exaustiva exploração de carbonatito com extração de fosfato para a produção de fertilizantes. O levantamento gravimétrico terrestre de detalhe realizado para obter parâmetros físicos tais como forma, limites espaciais, massa e densidade, foi programado com base na resposta magnética da intrusão. Os dados gravimétricos foram adquiridos satisfazendo uma distribuição favorável à modelagem 3D da intrusão.

Após eliminar da anomalia Bouguer obtida para a área levantada, o campo gravimétrico regional (como descrito em Rugenski *et al.* 2006), a amplitude máxima da anomalia gravimétrica residual resultou em 18 mGal (Fig. 2). Por ser positiva, indica que o corpo fonte da anomalia tem densidade superior à das rochas encaixantes refletindo a presença de uma rocha máfica-ultramáfica. O contraste de densidade utilizado, da ordem de $0,63\text{g/cm}^3$ para a profundidade modelada, resultou da diferença do valor médio de $2,67\text{g/cm}^3$ para a rocha encaixante (quartzito), e de $3,3\text{g/cm}^3$ para o complexo alcalino, que corresponde a um limite superior da densidade do piroxenito.

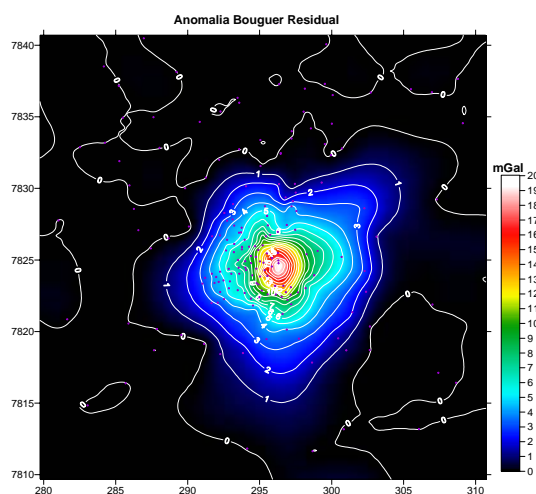


Figura 2. Componente residual da Anomalia Bouguer

METODOLOGIA DA MODELAGEM A modelagem 3D foi realizada por meio de ajustes em seções verticais (geometria 2,5 D) interligadas para obter uma componente tridimensional. Para o cálculo da anomalia produzida, o programa utiliza poliedros com forma irregular, tendo sido aqui assumido um único contraste de densidade. A integração do potencial gravitacional de cada poliedro fornece aquele do corpo modelado. Aplicando-se o gradiente obtém-se o campo gravitacional sob forma de anomalia Bouguer; essa é comparada com a componente residual do campo medido (Fig. 3). O modelo apresentado utilizou o contraste de densidade acima citado ($0,63\text{g/cm}^3$). Para valores inferiores de densidade do piroxenito o modelo resultará com uma raiz maior que 2,2km e, em situações de maior densidade a raiz apresentará profundidades menores.

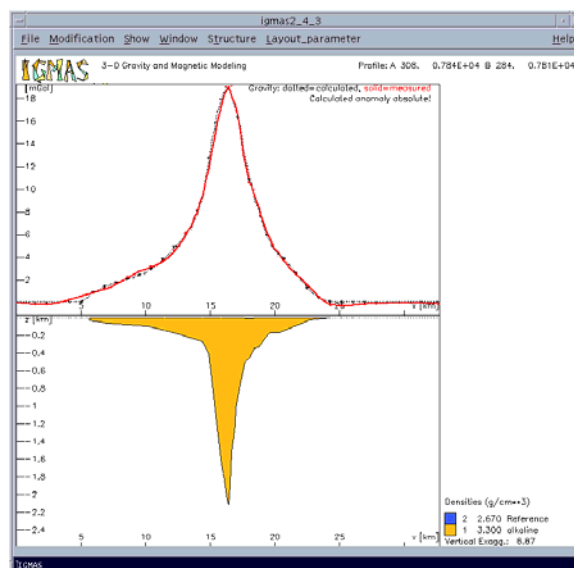


Figura 3. Exemplo de modelagem numa seção vertical

Uma comparação em perfil (2,5 D) entre o modelo obtido do sinal gravimétrico e do magnético (CPRM 1972) é apresentada na Fig. 4. Observa-se que a seção do corpo magnetizado e, portanto, seu volume é menor que aquele do modelo gravimétrico, sugerindo a presença de minerais com menor susceptibilidade na borda do corpo relativamente à sua porção mais interna.

A diferença entre o campo observado e aquele modelado é apresentada na Fig. 5, juntamente com sua análise estatística, para a qual se obteve um coeficiente de correlação de 0,99 (Fig. 6).

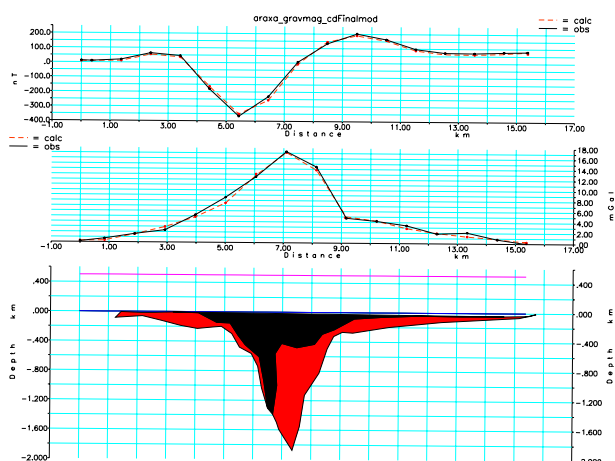


Figura 4. Modelo gravimétrico e magnético do complexo alcalino de Araxá utilizando uma geometria 2,5 D. A estrutura de cor vermelha representa o “corpo gravimétrico” e aquela de cor preta o “corpo magnético”

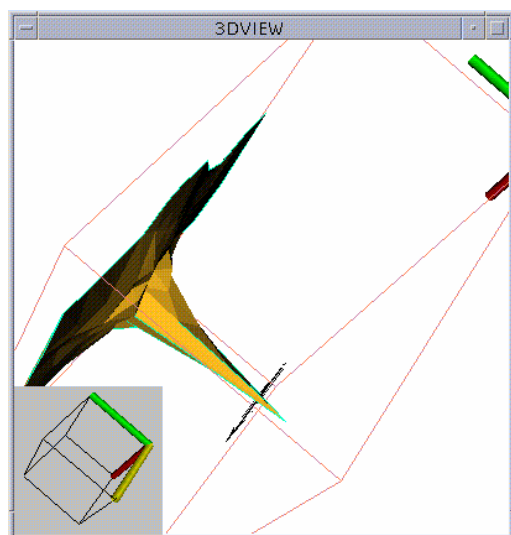


Figura 5. Imagem tridimensional da Alcalina de Araxá

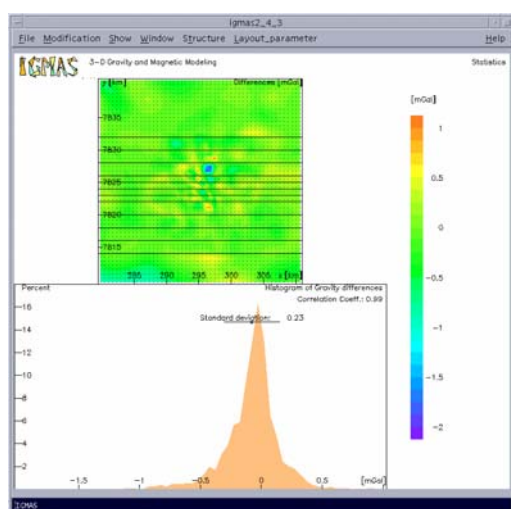


Figura 6. Análise estatística do modelo 3D de Araxá

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES Foi feito um levantamento gravimétrico cujos resultados permitiram traçar a anomalia Bouguer residual devida à presença do Complexo Alcalino de Araxá, para fins de modelagem desse complexo.

O Modelo apresentado sugere a presença de um corpo homogêneo, com formato cônico, semelhante a um “plug” com raiz, cuja litologia mais abundante pode ser o piroxenito ou o equivalente a teralitos e essexitos, ausentes em superfície.

Considerando a geometria modelada, os principais parâmetros físicos estimados foram: volume 29,680 km³ e massa 18.700 Mton, para a densidade média de 3,3 g/cm³ do corpo e 2,673 g/cm³ da encaixante (grupo Araxá); nessas condições a profundidade máxima da raiz é 2,2 km. Os resultados apresentados fornecem uma visão do mecanismo de alojamento do complexo e seu volume total, considerando-se densidades médias do complexo e da encaixante fornecidas pelas observações geológicas.

No caso em estudo, a fácies litológica observada em superfície não se aprofunda mais que 200 metros, sendo que, em profundidade, as litologias como os piroxenito e suas associações são predominantes.

A comparação entre o modelo gravimétrico com geometria 2,5 D e aquele magnético indica uma ausência de magnetização na borda do corpo. Essa variação no valor da susceptibilidade pode ser indicativa de variações na mineralogia ou da superposição de várias componentes induzidas pelo campo magnético terrestre como consequência de diferenças na velocidade de resfriamento.

Os resultados aqui apresentados são preliminares e serão complementados para fins de mapeamento de estruturas e litologias de menor porte, como aquelas verificadas nos diques e “plugs”.

A geometria 3D do Complexo Alcalino de Araxá resultante da modelagem efetuada é semelhante àquela de vários dos complexos alcalinos do SE brasileiro que apresentam respostas gravimétricas e magnéticas fortemente anômalas (ex.: Serra Negra, Tapira, Ipanema, entre outras; Rugenski *et al.* 2006).

Agradecimentos Os autores agradecem o financiamento do levantamento gravimétrico ao CNPq, a disponibilidade dos dados aeromagnéticos à CPRM, e a autorização de acesso às áreas das minas à BUNGE e à CBPM.



Referências

- BARBOSA O., BRAUN O.P.G., DYER R.C., CUNHA C. A.B.R. 1970. *Geologia da região do Triângulo Mineiro*. DNPM/DFPM. p. 140. (Boletim 136).
- CPRM. 1972. *Levantamento Aerogeofísico: Convênio Brasil-Alemanha*. Disponível em: www.cprm.gov.br.
- CROUGH. 1983. Rifts and Swells: Geophysical Constraints on Casualty. *Earth and Planetary Science Letters*, **94**:23-27.
- MANTOVANI M.S.M., SHUKOWSKY W., BRITO NEVES B.B. de, RUGENSKI A. 2006. *Itapororoca Gravity Anomaly: A Geophysical Contribution*, Geophys. Prosp. (accepted).
- MARIANO A.N., ITO J., RING P.J. 1975. *Petrographic Report on selective Drill Core-Araxá, Minas Gerais, Brasil*. s.n.t. 40 p.
- MORGAN & BACKER. 1983. Introduction – processes of Continental Rifting. *Tectonophysics*, **94**:1-10.
- SEER H.J. *et al.* 2001. Grupo Araxá em sua área tipo: um fragmento de crosta oceânica neoproterozóica na faixa de dobramentos Brasília. *Revista Brasileira de Geociências*.
- SILVA A.B., MARCHETTO M., SOUZA O.M. 1979. *Geologia do Complexo Araxá (Barreiro) Carbonatite*. S.n.t. 17 p.
- TORRES M.G. & GASPAR J.C. 1995. Geoquímica do Manto de Intemperismo da Mina de Fosfato do complexo Alcalino-Carbonatítico do Barreiro Araxá-MG. In: CONG. B.GEOQ, 5, Resumo expandido, UnB.
- RUGENSKI A., MANTOVANI M.S.M., SHUKOWSKY W. 2006. Investigação Gravimétrica do Complexo Alcalino de Ipanema, São Paulo, Brasil. *Revista Geologia, USP, Série Científica*.