SÍNTESE SOBRE OS DADOS GEOLÓGICOS E GEOFÍSICOS DA REGIÃO DE MONTE CARMELO (MG)*

ANDRÉ DAVINO**

ABSTRACT The area comprising by the cities of Monte Carmelo, Romaria and Estrela do Sul in the Southwest of Minas Gerais is one of the best known under the point of view of geology and geophysics. Gravity, aeromagnetism, aeroscintillometry, electrical soundings, and terrestrial magnetism are the methods used there.

The Bouguer gravity map led to the determination of a sutural zone separating two different structural units: on one side, the mobile-belt of Alfenas, and on the other side, the cratonic province of Paramirim. The area of our investigation lies on that cratonic province, 100 km from the sutural zone.

A spectacular zone of tension fissures, filled in part by magnetic material (basic rocks), 400 km long in the NW-SE direction, passes along our area of investigation.

The main cretaceous alkaline basic intrusions and may be the kimberlites have been placed along this zone.

The gravity map indicates a predominance of NE-SW lineaments probably of Archean age. Would the basic and kimberlitic intrusions be related to those two main directions of tensional fractures?

During the Mesozoic the investigated area was submitted to the transgression of the sediments and the basalt flows of the Paraná Basin. There occurs the Uberaba's Formation, whose basal conglomerate is diamantiferous. West and southward occur Botucatu Sandstone and basalt.

INTRODUÇÃO É objetivo do presente trabalho reunir os dados geológicos e geofísicos disponíveis referentes a área de Romaria, Estrela do Sul e Monte Carmelo. Para melhor compreensão, no entanto, estender-se-á o estudo para área mais ampla, incluindo o sudeste do Estado de Minas Gerais, parte do Estado de São Paulo e parte de Goiás.

A região em apreço é uma das mais bem estudadas do Brasil. Além de trabalhos geológicos regionais de bom nível, duas séries de levantamento geofísicos foram ali executadas pela CPRM (Convênio Brasil-Alemanha): aeromagnetometria, utilizando aviões, em 1971, e, posteriormente, em 1976, aeromagnetometria, cintilometria e aeroeletromagnetometria, utilizando helicópteros. A área é coberta igualmente por gravimetria (Lequer *et al.*, 1981), além de exaustivos trabalhos por sondagens elétricas e magnetometria terrestre (Davino, 1981).

De todos os dados e elementos utilizados para a presente síntese sobre a região de Monte Carmelo (MG), devem-se enfatizar os apresentados por Lesquer *et al.* (*op. cit.*). A análise feita por esses autores das anomalias gravimétricas da região sudoeste do Estado de Minas Gerais parece comprovar a existência de um domínio tipicamente cratônico na região pesquisada, caracterizado pela presença de fraturas orientadas segundo as direções NNE-SSW e NW-SE. Tais direções, reativadas em diversas épocas, são deformadas ou totalmente interrompidas na área de ocorrência dos dobramentos brasileiros, aos quais está associada uma anomalia gravimétrica linear negativa de grande extensão.

Embora o trabalho de Lesquer *et al.* tenha servido para fundamentar o desenvolvimento geodinâmico da área objeto da presente síntese, os detalhes basearam-se na interpretação de todos os demais dados, geológicos e geofísicos, disponíveis sobre a área.

GEOLOGIA Na Fig. 1 tem-se a localização da área pesquisada, compreendida pelas cidades de Estrela do Sul, Monte Carmelo e Romaria. O principal rio a drenar a região é o Bagagem, que deságua no Rio Paranaíba.

Destaca-se a bacia do Paraná, representada pelas formações Bauru e Uberaba (Cretáceo Superior), a Formação Botucatu e as efusivas basálticas (Juro-Cretáceo Inferior). No mapa não separamos essas duas últimas formações.

De outra parte, tem-se o Embasamento Cristalino pré-cambriano que, em grande parte, é formado pelo Grupo Araxá (metamorfitos fortemente dobrados e deformados por falhamentos de empurrão), por granitos e gnaisses (prova-

Figura 1 - Geologia e elementos interpretativos da aeromagnetometria

* Realizado com auxílio do CNPq, Processo N.º 222.0103/76

** Departamento de Geologia, F.F.C.L. de Ribeirão Preto, USP - Ribeirão Preto (SP)

velmente, pertencentes ao complexo basal pré-Grupo Araxá, e gabros e piroxenitos (pós-Araxá).

Conhecem-se na região vários diques e pequenos corpos de anfíbolitos e de metabasitos em geral.

Enfim, apenas a título de discussão, colocaram-se os principais eventos geológicos da região na seguinte sequência:

1 – Embasamento pré-Araxá, denominado Complexo Basal, de idade muito antiga, provavelmente arqueano.

2 – Grupo Araxá, um cinturão móvel, talvez um geosinclinal no sentido clássico, resultante da deposição de espesso pacote sedimentar (sua espessura máxima podendo atingir hoje 10 km) sobre um embasamento já cratonizado a que F.F.M. de Almeida denominou cráton arqueano do Paramirim e que teria servido de antepaís ao cinturão móvel Araxá.

3 – O Embasamento pré-Araxá e o Grupo Araxá foram objetos de perturbações tectônicas e magmáticas em diferentes épocas. Os gabros e piroxenitos citados são testemunhos dessas manifestações. Seriam, portanto, pós-Araxá muito provavelmente, do ciclo brasileiro.

4 – Outra manifestação magmática importante é hoje testemunhada pelas intrusões de rochas alcalinas, ultrabásicas e kimberlíticas do Cretáceo Superior. A intrusão de Patrocínio é parte dessa manifestação.

Esses são os eventos principais e de fácil constatação. Evidentemente, muitos outros se processaram, intervindo e complicando todo o quadro acima descrito.

MAGNETOMETRIA No mapa aeromagnetométrico do convênio Brasil-Alemanha, Davino (1978) identifica quatro tipos de anomalias: I) do tipo basalto; II) tipo linear correspondente a uma faixa longa e estreita de até 400 km de extensão, de direção NW-SE, contendo material magnético; III) anomalia de “Monte Carmelo”, um conjunto de valores anômalos que se inscrevem na região delimitada por Romaria – Monte Carmelo – Estrela do Sul; e IV) anomalia de origem profunda, de grande comprimento de onda, representada na Fig. 1 por linhas tracejadas e cujo centro está próximo à cidade de Perdizes (MG).

Destaca-se nas Figs. 2 e 3 tão-somente a anomalia de “Monte Carmelo”, dando-se ênfase a dois corpos principais A e B, dessa anomalia, os quais foram identificados petrograficamente como gabros e piroxenitos, intrusivos nos metassedimentos do Grupo Araxá e nas rochas do com-

Figura 2 – A anomalia de “Monte Carmelo”

Figura 3 – Perfis magnetométricos da anomalia de “Monte Carmelo”

plexo basal gnáissico-granítico. Na Fig. 2 delimita-se grosso modo a extensão aflorante ou subaflorante desses corpos magmáticos e, na Fig. 3, representam-se dois perfis magnetométricos e sua interpretação qualitativa.

Na interpretação do mapa aeromagnetométrico (1976) feito pelo Convênio Brasil-Alemanha, cometeram-se alguns enganos devido, principalmente: 1) ao embasamento cristalino ser magnético na área entre Romaria, Monte Carmelo e Estrela do Sul e, 2) fato inédito até então, ao próprio sedimento da formação Uberaba também o ser. A interpretação feita por aquele Convênio indica a presença de corpos magnéticos em forma de “diques”. Nossas observações geológicas e levantamentos magnetométricos terrestres não confirmam essa interpretação.

Uma campanha de levantamento magnetométrico terrestre realizada nas cabeceiras do Córrego da Cava forneceu-nos a chave da interpretação mais adequada. A Fig. 4 é

Figura 4 – Mapa aeromagnetométrico no Córrego da Cava

Figura 5 - Perfil magnetométrico N-S no Córrego da Cava

a reprodução do mapa de detalhe aeromagnetométrico da área do Córrego da Cava, afluente do Rio Bagagem. As anomalias ali existentes foram interpretadas como "diques" pelo Convênio. No entanto o perfil NS (Fig. 5) realizado sobre o terreno indica que não há anomalias magnéticas acentuadas sobre o embasamento cristalino; elas aparecem no contato desse com as formações Botucatu e Uberaba. Dezenas de outros perfis levantados demonstram cabalmente que a Formação Uberaba é altamente magnética. Essa característica, aliás, é uma das que, segundo o Código Estratigráfico, a distinguem de um simples fácies da Formação Bauru para adquirir o *status* de Formação.

As anomalias magnéticas refletem corpos laminares horizontais pois que os sedimentos da Formação Uberaba no alto dos morros têm a forma de uma lâmina delgada, cuja espessura varia de zero a 20 m em média.

Anomalias lineares A presença dessas anomalias, ao longo das quais são conhecidos diques de rochas básicas metabásicas, intrusões alcalinas e kimberlíticas, pode ser atribuída a zonas de fissuras reativadas em diversos períodos. Durante o Cretáceo, foram introduzidos os atuais corpos de rochas básicas e alcalinas. Os kimberlíticos parecem ser dessa época. Até que surjam provas em contrário, vamos supor que os diamantes da região de Romaria provêm dessas manifestações e localizam-se ao longo dessa faixa.

GRAVIMETRIA Na Fig. 6 tem-se a delimitação do cráton arqueado do Paramirim. Como se nota, a área de Romaria, Estrela do Sul e Monte Carmelo situa-se sobre o domínio cratônico do Paramirim.

Essa delimitação foi feita a partir de estudos gravimétricos (Lesquer *et al.*, 1981) complementados por dados de aeromagnetometria e geotectônicos.

Uma das dificuldades em geotectônica é a delimitação de zonas cratônicas. Essas dificuldades relacionam-se, primeiramente, à própria caracterização de cráton enquanto

domínio espacial e temporal, e, em segundo lugar, à presença de coberturas metassedimentares (os cinturões móveis periféricos e as zonas autóctones preservadas, mais internas) que mascaram seus limites.

Nas bordas dos crátons, em geral, sucedem-se fenômenos de grande amplitude e intensidade resultantes do encontro por aproximação ou colisão e subsequente subducção de crostas continentais e/ou oceânicas. Forma-se então uma zona de sutura caracterizada pela predominância de uma tectônica tangencial que provoca intensos falhamentos de empurrão e importantes manifestações magmáticas. Ocorre igualmente remobilização das formações geológicas mais antigas.

Figura 6 - O cráton arqueado do Paramirim. AA', BB', CC', DD' e EE' são as direções dos perfis gravimétricos apresentados na Fig. 7

Os perfis gravimétricos indicados na Fig. 6 estão representados na Fig. 7. Todos os perfis gravimétricos (anomalia de Bouguer) apresentam a mesma forma geral. Há um gradiente muito forte sobre a zona sutural, seguido de um baixo gravimétrico já no domínio cratônico recoberto pelos metassedimentos; o perfil suaviza sobre a parte central do cratón, menos perturbada pelos fenômenos periféricos.

Figura 7 — Perfis gravimétricos Bouguer obtidos ao longo de zonas de suturas: A, B, C, D e E no cratón do Paramirim; F no cratón do Canadá; G em Daomé, borda oriental do cratón oeste africano

AEROCINTILOMETRIA O Convênio Brasil-Alemanha executou quatro mapas de radiações gama correspondentes às faixas do potássio, urânio, tório e relação urânio/tório.

Destacamos aqui apenas um desses levantamentos (Fig. 8): radiações cintilométricas correspondentes ao tório. Há uma grande coincidência entre o contorno do mapa geológico da área e as linhas de isoanomalias. Mais ainda: a intensidade das anomalias é maior nas proximidades do contato entre o embasamento cristalino e os sedimentos, o que mostra que são as camadas mais antigas (que contêm o conglomerado basal Tauá) as mais radioativas. Em especial, a intensidade das anomalias cresce às margens do Rio Marrecos e da mina de Romaria. Essa conclusão é importante, pois mostra certa uniformidade daquele sedimento que os distingue dos demais.

SÍNTESE O mapa da Fig. 9 sintetiza os dados de geologia, de gravimetria e magnetometria. Trata-se de um trabalho realizado em Montpellier, França, e cujos resultados foram publicados em *Tectonophysics* (Lesquer, Davino, Almeida, Lachaud e Maillard, 1981). O mapa é rico em informações.

Há duas direções preferenciais representadas no mapa, cada qual deve ter resultado de esforços tensionais em épocas diferentes, embora por certo tenham sido reativadas em diversos ciclos.

Uma dessas direções, NE-SW, deduzida do mapa gravimétrico não tem correspondência no atual quadro da geologia da superfície. São "acidentes" que se iniciam na zona dos cinturões móveis, separando grandes massas de rochas de alta densidade (tipo charnokitos e granulitos) e penetram o corpo cratônico em planos subverticais ou verticais.

A outra direção é perpendicular à primeira: NW-SE, e é evidenciada tanto pela gravimetria como pela magnetometria. A faixa mais espetacular tem por centro a intrusão de dunitos de Patrocínio e se estende por mais de 400 km. Ao longo dela foram introduzidos vários corpos de rochas básicas alcalinas.

Figura 8 — Mapa aerocintilométrico

É altamente provável que, no cruzamento das duas direções descritas, tenha resultado a penetração de vários corpos magmáticos, incluindo os de kimberlitos, pois estes soem aparecer em zonas cratônicas na interseção de falhas verticais em duas direções por onde se injetam até a superfície da Terra, a grande velocidade.

As direções NE-SW devem ser pré-cambrianas, possivelmente até arqueanas ou proterozóicas. As direções NW-SE parecem ter-se formado no Mesozóico, possivelmente no Cretáceo, visto que a maioria dos corpos alcalinos próxima ou dentro de suas linhas é dessa idade. Tanto uma como outra dessas direções sofreram reativações posteriores a sua formação.

As demais direções estruturais que aparecem no mapa geológico da área são antes o reflexo da tectônica tangencial, que atingiu os metassedimentos empurrando-os contra o cratón e criando enorme quantidade de falhas de empurro e dobras de acavamento, do que "acidentes" antigos e reciclados da crosta.

CONCLUSÕES

1 — A área de Romaria, Estrela do Sul e Monte Carmelo está situada sobre uma região cratônica, nas proximidades do afloramento ou subafloramento do complexo basal e rochas do grupo Araxá. A maior parte das intrusões alcalinas e os kimberlitos dessa região foi introduzida nessas duas grandes unidades tectônico-estratigráficas.

Figura 9 — Síntese dos dados geológicos e geofísicos (Lesquer et al., 1981): 1a) Afloramento do complexo basal indiferenciado (complexo basal de Goiás, Cratão do São Francisco); 1b) zona alta do complexo basal; 2) intrusões alcalinas conhecidas ou supostas a partir dos dados geofísicos; 3) maciços de rochas densas (granulito charnockito) do cinturão móvel Alfenas conhecidos ou supostos a partir dos dados geofísicos; 4) limite da Bacia do Paraná; 5) falhas e acavamentos; 6) "acidentes" ou prolongamento de "acidentes", segundo a gravimetria; 7) "acidente" magnético; 8) eixo de anomalia gravimétrica negativa associado a um espessamento da cobertura sedimentar; 9) eixo de anomalia gravimétrica positiva associado a estruturas do complexo basal; 10) anomalias magnéticas de pequeno comprimento de onda associadas às zonas altas do complexo basal; 11) limite do cratão do Paramirim; 12) limite da bacia sedimentar profunda; 13) limite, segundo a gravimetria, do domínio cratônico não afetado durante a orogênese brasileira. Cidades: C = Cristalina; V = Vazante; TM = Três Marias; C = Corinto; RP = Ribeirão Preto; BH = Belo Horizonte; CN = Caldas Novas

2 — Há duas direções preferenciais na área, NW-SE e NE-SW, não pertencentes à mesma idade nem formadas pelos mesmos tipos de esforços. Ambas são direções de tensões, principalmente a primeira, como comprovam as intrusões magmáticas existentes ao longo dela.

3 — No encontro dessas direções deve estar a chave das intrusões kimberlíticas.

4 — Gabros e piroxenitos, além das rochas do Grupo Araxá, formam o embasamento cristalino dos sedimentos da região em estudo.

5 — Os sedimentos da Formação Uberaba apresentam alta suscetibilidade magnética por conter grande quantidade de materiais rochosos piroclásticos magnéticos.

6 — Uma linha das fissuras de tensão da faixa NW-SE passa sobre Estrela do Sul e Romaria.

7 — Os conglomerados de base da Formação Uberaba, do ponto de vista cintilométrico, apresentam características marcantes na área de Romaria, o que lhes confere um caráter local e particular.

As chaminés kimberlíticas em Angola estão ligadas a estruturas profundas próximo à interseção de falhas (Reis, 1971). Pela semelhança geológica e geotectônica da área do Triângulo Mineiro com as províncias diamantíferas de Angola, aconselha-se aproveitar as experiências e os conhecimentos ali adquiridos para aplicar ao caso brasileiro.

BIBLIOGRAFIA

- DAVINO, A. — 1978 — As anomalias aeromagnéticas da região de Monte Carmelo, MG. Anais XXX Congr. Bras. Geol. pp. 2248-2255. Recife, PE.
- DAVINO, A. — 1981 — Configuração topográfica pretérita à sedimentação da Formação Uberaba na região de Romaria, Estrela do Sul e Monte Carmelo (no prelo).
- LESQUER, A., ALMEIDA, F.F.M., DAVINO, A., LACHAUD, J.C. e MALLARD, P. — 1981 — Importance structurale des anomalies gravi-

métriques de la partie sud du craton du São Francisco et de sa bordure occidentall e (Brésil). *Tectonophysics* 76:273-293.

REIS, B. — 1971 — Contribuição da aeromagnetometria para a determinação de Estruturas Profundas e sua importância na descoberta de ocorrências kimberlíticas. I Congr. Hispano-Luso-Americano de Geologia Econômica. Madri. Lisboa.

Recebido em 5 de fevereiro de 1982