

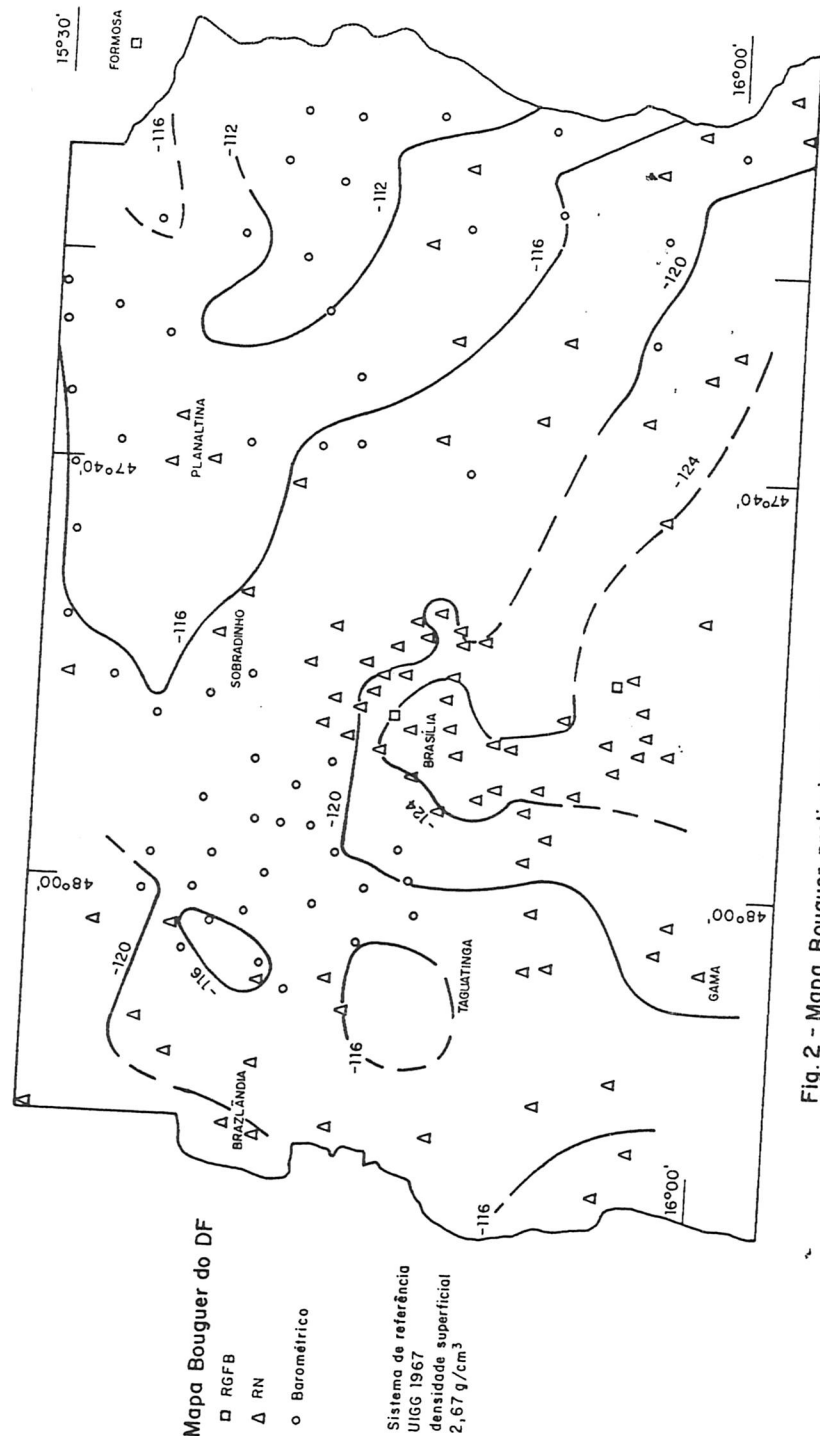


Fig. 2 - Mapa Bouguer preliminar do Distrito Federal. Intervalo de contorno 4mgal.

GRAVIMETRIA DA REGIÃO SUDESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO E CONSIDERAÇÕES SOBRE OS LIMITES ENTRE OS CINTURÕES MÓVEIS PARAÍBA E RIBEIRA

André Davino*
Mário da Costa Campos Neto**
Miguel Ângelo Stipp Basei**
Mário C.H. Figueiredo**

*FFCLRP/USP
**IG/USP/SP

ABSTRACT

The juxtaposition of the Brazilian mobile belts that characterize the southeast region of the State of São Paulo, i.e. the Ribeira mobile belt in the northwest and Paraíba belt in the southeast is represented by a large blastomylonitic band of low angle.

The most evident feature of the gravimetric Bouguer map of that region is a persistent (more than 250 Km) linear anomaly whose direction coincides with that of the referred blastomylonitic band. The axis of this linear anomaly, negative in most of its extension, cross the city of São Paulo and follows the Paraíba valley, approximately E-NE. Between Itaquaquecetuba and São José dos Campos, this anomaly changes sign. In this section there is a magnetic bipolar anomaly consistent with the dimensions of the anomalous mass that cause the gravimetric anomaly.

The linear negative gravimetric anomaly associated with a probable crustal thickening and the presence of large nappes of infrastructures suggest a tectonic evolution by means of type-A subduction of the Ribeira mobile belt under the Paraíba mobile belt. On the other hand, the presence of positive gravimetric anomaly along the negative linear anomaly associated with the magnetic anomaly may indicate a delamination crustal process.

GEOLOGIA

A região sudeste do Estado de São Paulo (figura 1), caracteriza-se pela presença do Cinturão Paraíba que se estende da linha da costa junto ao Oceano Atlântico ao Maciço do Guaxupé, a nordeste.

O Cinturão Paraíba, nesta região, orienta-se SW-NE e caracteriza-se por um intenso retrabalhamento metamórfico-estrutural e magmático Brasileiro sobre seqüências metassedimentares atribuíveis aos Complexos Embu, Pilar e Costeiro. Este último, separa-se dos primeiros por uma importante "dorsal" de granitóides sintectônicos e encontra-se mais transformado (migmatitos com presença de granada, cordierita e sillimanita). A estrutura, influenciada por intensa zona de transcorrência tardia, tende a verticalização mas existe complexa associação de fases de dobramentos.

O Cinturão Paraíba foi assim dividido: faixa blastomylonítica, zona central e zona costeira. Destacam-se por outro lado, três seqüências: orogênese Brasileira, pré-Brasileira I e pré-Brasileira II. Nas legendas dos mapas geológico e tectônico da figura 1 é feita uma descrição detalhada das principais unidades litológicas.

No Maciço do Guaxupé, o Cinturão Ribeira está representado pelos metassedimentos e metavulcânicos do Grupo São Roque, do Proterozóico

Médio e Proterozóico Superior, cortados por granitos sin e tardi-orogênicos (Brasilianos). No Maciço tem-se uma expressiva tectônica de cavalgamento, com geração de faixas blastomiloníticas contínuas de baixo ângulo, que coloca lado a lado, terrenos metamórficos de alto grau (migmatitos e granulitos), alóctones, sobre metassedimentos, metavulcânicos e metaplutônicos da fácies anfibolito de baixo a médio grau atribuíveis ao Grupo Itapira. É uma estrutura (nappe de Socorro-Guaxupé) com transporte mínimo de 200 km para noroeste.

A faixa blastomilonítica do Cinturão Paraíba, de considerável espessura e baixo ângulo, afeta rochas gnáissicas, migmatíticas e granitóides. Estes últimos com consistente idade Brasileira (660 m.a.).

Por sua extensão linear, intensa blastomilonitização, a presença de nappes de infraestrutura e um quadro geológico com diferentes estilos tectônicos de um lado e do outro, essa faixa sugere um modelo colisional de evolução com subducção, possivelmente do tipo-A, do Maciço do Guaxupé (e em particular do Cinturão Ribeira) sob o Cinturão Paraíba. Os dados gravimétricos da região não contradizem essa hipótese.

A idéia de subducção continental foi prevista por Otto Ampferer há 80 anos atrás. Ampferer (1909) e Ampferer e Hammer (1911) sugeriram que grande parte do material da crosta deveriam sofrer encurtamento por falhamentos de empurrão em profundidade, pois que, como observaram, o encurtamento das seqüências sedimentares de cobertura, quando submetidas a compressão, excede em muito o correspondente encurtamento de seu Embasamento. Com o advento da teoria das placas, os conceitos emitidos por aqueles autores obtiveram maior credibilidade. A subducção tipo-A (de Ampferer) diferencia-se daquele em que a crosta oceânica é envolvida ou subducção tipo-B (de Benioff). A subducção tipo-A não deve necessariamente atingir o manto, embora isso possa ser admitido. Afirmam Hodges et al (1982, p.458) que, levando-se em conta dados geológicos e geofísicos disponíveis chega-se à conclusão de que a subducção tipo-A em larga escala é um processo comum (talvez universal) na construção de orogenias por colisão bicontinental, ensialica. O espessamento crustal está sempre associado aos processos de subducção, pois que é comum observarem-se transportes de mais de 200 km nos materiais crustais envolvidos no tectonismo de cavalgamento.

GEOFÍSICA

Levantamentos gravimétricos foram levados a efeito em várias áreas na região sudeste do Estado de São Paulo. A depressão topográfica circular de Colônia em Santo Amaro, SP, de origem provavelmente meteorítica, foi estudada por gravimetria por Kollert et al (1961). A primeira tentativa de se caracterizar a topografia do embasamento cristalino pretérito à sedimentação da bacia de São Paulo por meio de gravimetria foi feita por Kollert e Davino (1963), e os resultados permitiram confirmar a origem tectônica daquela bacia. Perfil gravimétrico na parte noroeste da bacia de São Paulo, entre Tucuruvi e Vila Maria, atravessando o rio Tietê, indicou nítida anomalia junto a uma zona de falha, hoje, reconhecida por falha do Jaguaré (figura 5 perfil D D'). A gravimetria foi considerada um método eficiente para a prospecção de água subterrânea da bacia de São Paulo (Davino, 1971), quando do levantamento do bairro industrial do Jaguaré, nessa cidade. O município de Santo André (SP) na Grande São Paulo foi igualmente objeto de levantamento dessa natureza. (Davino et al, 1971).

Os resultados do levantamento sistemático da região Metropolitana de São Paulo foi apresentado no 33º Congresso Brasileiro de Geologia por Sá e Blitzkow (1984). Trata-se dos mapas Bouguer e Ar-livre, com isoanômalas de 2 em 2 miligals, a partir de uma rede de 700 estações de medida. Sendo a ordem de grandeza das anomalias causadas pela presença dos sedimentos da bacia de São Paulo de 2 miligals, o mapa Bouguer não reflete, em detalhe, a configuração topográfica do embasamento dessa bacia.

O Vale do Paraíba foi objeto de pesquisas gravimétricas em 1965/

1966, com a finalidade de se ter um conhecimento mais próximo da configuração topográfica do embasamento cristalino dos sedimentos da Bacia do Taubaté, nessa época ainda pouco pesquisada. Os resultados desses levantamentos, expressos no mapa gravimétrico Bouguer e no magnetométrico (componente vertical) foram surpreendentes e com os conhecimentos precários sobre o pré-cambriano não puderam ser interpretados. O Embasamento Cristalino provocava anomalias muito mais elevadas que as esperadas para os sedimentos da bacia do Taubaté. Os resultados foram apresentados por Davino e Haralyi (1973).

Os mapas Bouguer da região metropolitana de São Paulo e do Vale do Paraíba, com cerca de 800 estações de medida foram reunidos em um único documento (figura 2).

A figura 3 representa um esquema interpretativo do mapa gravimétrico Bouguer do SE do Estado de São Paulo e a figura 4, a aplicação da análise de superfície de tendência, 3º grau, para os dados gravimétricos da região.

Destacam-se 3 anomalias lineares: uma negativa, de 250 km de extensão e duas positivas.

A anomalia linear negativa está nitidamente associada à faixa blastomilonítica do Cinturão Paraíba. Admitindo-se a hipótese de um modelo colisional, essa faixa corresponde à zona de sutura principal, por subducção tipo-A. A falta de massa que provoca a anomalia negativa estaria associada à presença de enclaves, preservados da erosão, dentro da zona de sutura, de material menos denso da orogenia Brasileira. O espessamento crustal contribui para acentuar a anomalia negativa. As bacias sedimentares, de São Paulo e de Taubaté, que se instalaram, coincidentemente, ao longo da zona de sutura, também, acrescentam parcelas negativas ao valor da anomalia.

Em resumo, três causas podem ser atribuídas à anomalia linear negativa: falta de massa causada (a) pelo contraste negativo de densidade de dos materiais crustais situados nos enclaves da zona de sutura; (b) pelo contraste negativo de densidade na base da crosta continental mais espessa. (c) pelo contraste negativo de densidade entre os sedimentos terciário-quaternários das bacias de São Paulo e Taubaté e seu embasamento cristalino.

As bacias de Taubaté e de São Paulo não podem ser responsabilizadas nem pela intensidade nem pela direção da anomalia linear. O valor anômalo produzido pelos sedimentos dessas bacias não ultrapassa 2 a 4 miligals negativos. O mapa gravimétrico Bouguer do SE do Estado de São Paulo não sofreria visível modificação caso o efeito produzido pela presença dos sedimentos daquelas bacias fossem subtraídos. O perfil gravimétrico (figura 5) de detalhe ao longo da linha DD' (vide localização no mapa da figura 2) levantado sobre a zona de sutura indica para uma espessura de sedimentos de 60 metros, uma anomalia de 6 miligals negativos. Um simples cálculo indica, para essa situação geológica, anomalia máxima da ordem de - 1 miligal o que demonstra que há outra componente da anomalia.

A anomalia linear positiva (figura 3) da zona central parece refletir a presença das seqüências litoestratigráficas pré-Brasiliano II. No esquema interpretativo, essas seqüências foram contornadas com base nos mapas geológico (figura 1) e gravimétrico (figura 2). Na região de Jacareí, (anomalia positiva) é provável que o pré-Brasiliano II subaflore, embora não haja qualquer indicio geológico.

O Maciço de Guaxupé foi apenas parcialmente coberto pelos levantamentos gravimétricos. Os dados disponíveis apontam tendência para anomalias positivas.

Sobre as seqüências litoestratigráficas da Zona Costeira pertencentes à orogenia Brasileira as anomalias tendem a valores negativos, tal qual acontece ao longo da faixa blastomilonítica.

Os perfis gravimétricos da figura 5 não contradizem as hipóteses aqui discutidas. As seqüências litoestratigráficas mais antigas são também as mais densas. Em ordem decrescente: pré-Brasiliano II, pré-

Brasiliano I, seqüência da orogênese Brasileira, sedimentos das bacias de Taubaté e São Paulo.

O perfil magnetométrico (figura 5, BB') próximo e quase paralelo ao perfil BB' de gravimetria parece corresponder ao embasamento magnético, provavelmente, pré-Brasiliano II.

CONCLUSÕES

1. Os dados geológicos e geofísicos, região SE do Estado de São Paulo sugerem um modelo de evolução por colisão continental, com subducção do tipo-A do Maciço do Guaxupé sob o Cinturão Paraíba naquela área. A sutura resultante dessa colisão continente-continente é representada pela faixa blastomilonítica do Cinturão Paraíba, da orogénia Brasileira.

2. No mapa gravimétrico Bouguer, essa faixa blastomilonítica corresponde a uma persistente anomalia linear negativa, que resulta do efeito conjugado do espessamento local das seqüências litoestratigráficas da Orogenia Brasileira, do espessamento crustal e da presença de sedimentos das Bacias de São Paulo e Taubaté.

3. As anomalias de um modo geral parecem conformar-se à distribuição espacial das massas continentais que serviram de embasamento às faixas de mobilidade sucessivas.

4. A interpretação dos dados de gravimetria parece indicar que no conjunto de falhas de grande porte (tipo falha de Taxaquara), os movimentos de cavalgamento predominaram sobre os de transcorrência. O rejeito horizontal, se existe, parece de pequena monta.

5. As bacias de Taubaté e de São Paulo instalaram-se em grabens tectonicamente controlados, de um lado, pela faixa blastomilonítica da zona de sutura e do outro, pela maior rigidez de um provável embasamento mais antigo (terrenos pré-Brasiliano II). A zona de separação das duas bacias poderia ser entendida pelo efeito da pequena profundidade do embasamento pré-Brasiliano II naquela área. O eixo gravimétrico negativo é paralelo ao eixo geométrico dos fundos das bacias; na zona de separação das bacias, o eixo negativo se afasta e uma anomalia positiva se apresenta (anomalia de Jacareí).

AGRADECIMENTOS

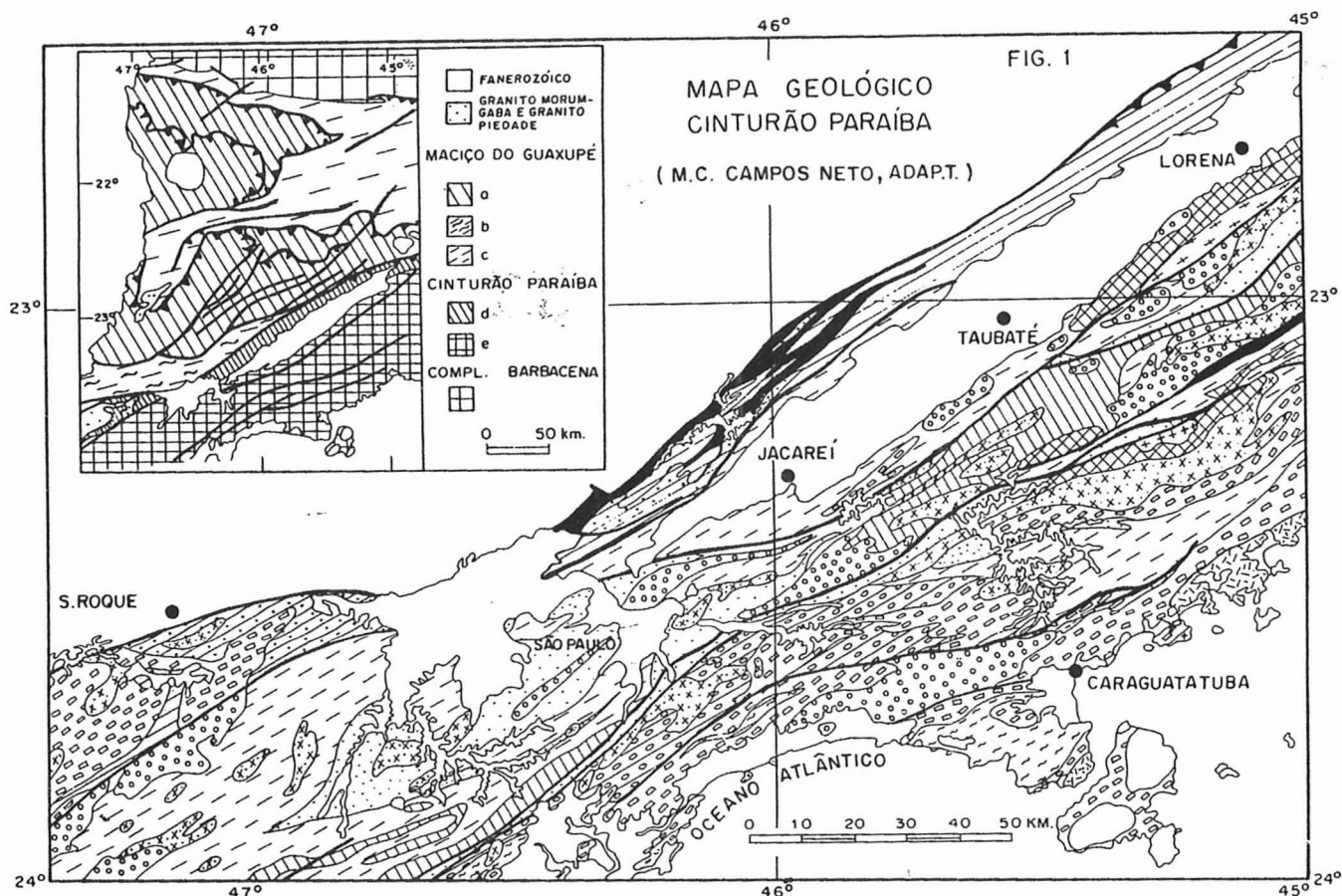
Consignamos nossos agradecimentos ao colega Geólogo Ademar Tokio Ogawa pelo paciente trabalho de realizar a análise de superfície de tendência dos dados de gravimetria, do qual a figura 4 é apenas uma pequena amostra.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M. e HASUI, Y. (1984) - O pré-cambriano do Brasil. Textos de vários autores. Ed. Edgard Blücher Ltda, 378 pp.
- ALMEIDA, F.F.M. et al (1981) - Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Monografias 6. IPT, 1981:125pp.
- AMPFERER, O. (1906) - Über das bewegungsbild von Faltengebirgen, Austria. Jahrb. Geol. Bundesanst. Austria, 56, 539-622.
- AMPFERER, O. e HAMMER, W. (1911) - Geologisches Querschnitt durch die Ostalper vom Allgäu zum Gardsee, Jahrb. Geol. Reichsanst. Austria 61, 631-710.
- CAMPOS NETO, M.C. e BASEI, M.A.S. (1983) - Evolução estrutural brasileira do Nordeste de São Paulo: Dobramentos superpostos e esboço estratigráfico e tectônico. Atas 4º Simp. Reg. Geol., SBG - São Paulo-1983:61-78.
- CAMPOS NETO, M.C. e BASEI, M.A.S. (1983) - A importância dos falhamentos transcorrentes na configuração do pré-cambriano entre São José dos Campos e Amparo. Atas 4º Simp. Reg. Geol., SBG - São Paulo, 1983:79-90.
- DAVINO, A., CARVALHO FILHO, N.B. e COSTA, W.L. (1971) - Gravimetria como método de pesquisa de água subterrânea na bacia sedimentar de

São Paulo, em Santo André, São Paulo. Anais do 25º Congr. Bras. Geol. - São Paulo, 1971:51-53pp.

- DAVINO, A. e HARALYI, N.L.E. (1973) - Levantamento Geofísico no Vale do Paraíba. Congr. Bras. Geol. 27º, 1973 (1):281-286. Aracaju.
- DAVINO, A. (1971) - Gravimetria como método indireto de pesquisa de água subterrânea na bacia sedimentar de São Paulo. Anais da Academia Brasileira de Ciências 43(3/4), pp. 647-649. Rio de Janeiro.
- HASUI, Y., CARNEIRO, C.D.R. e COIMBRA, A.M. (1975) - The Ribeira Folded Belt. Rev. Bras. Geoc. 5(4):257-266 - São Paulo.
- HASUI, Y. et al (1978) - Geologia da Região Administrativa 3 (Vale do Paraíba) e parte da região administrativa 2 (Litoral) do Estado de São Paulo. Monografias 1. I.P.T. 1978, 78pp.
- HASUI, Y et al (1982) - Geologia, Tectônica, Geomorfologia e Sismologia regionais de interesse às usinas nucleares da Praia de Itaorna. Monografias 7. I.P.T. 1982, 149pp.
- HODGES, K.V., BARTLEY, J.M. e BURCHFIEL, B.C. (1982) - Structural evolution of an A-type subduction zone, Lofoten-Rombak Area, Northern Scandinavian caledonides. Tectonics, vol. 1, nº 5 pp.441-462. October 1982.
- KOLLERT, R., BJORNBERG, A.S., DAVINO A. (1961) - Estudos preliminares de uma depressão circular na região de Colônia. Santo Amaro São Paulo. Soc. Bras. Geol., Bol. v. 10, nº 1, pp. 57-77, São Paulo.
- KOLLERT, R. e DAVINO, A. (1963) - Levantamento gravimétrico na cidade de São Paulo. Eng. Min. e Metal., XXXVIII, nº 224, agosto de 1963, pp. 79-82, Rio de Janeiro.
- SÁ, N.G. e BLITZKOW, D. (1984) - Levantamento gravimétrico na região da Grande São Paulo. 33º Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro, 1984: 9pp (exemplar avulso).
- WERNICK, E. e ARTUR, A.C. (1983) - Regenerações sucessivas de terrenos arqueanos no leste do Estado de São Paulo e sul de Minas Gerais. Atas do 4º Simpósio Regional de Geologia, SGB-São Paulo, 1983: 17-31.



LEGENDA DO MAPA DA FIGURA 1. 1. Biotita granitos e granodioritos equigranulares e intrusivos; 2. Granitos a 2 micas, intrusivos; 3. Charnokitos; 4. Hornblenda-biotita granitóides porfiróides, localmente gnaissificados ou blastomiloníticos (retângulo alongado); 5. Biotita granitóides porfiróides; 6. Hornblenda-biotita ortognaisse blastomilonítico facoidal; 7. Blastomilonito gnaisses (bandados, homogêneos, ocelados e calciosilicáticos), quartzitos; 8. Migmatitos nebulíticos, "schlieren" e a poriroblastos; 9. Migmatitos estromáticos a granada-cordierita-sillimanita e calciosilicáticos, granulitos; 10. Diatexitos gnaisses graníticos com estruturas nebulíticas /ou schlieren e, subordinadamente, com bandas estromáticas superimpostas e paleossoma de biotitaxistos e/ou gnaiss; 11. Gnaiss granito-granodiorítico microporfiróide estrado; 12. (Granada-sillimanita) muscovita-biotita xistos; 13. (Granada-sillimanita) muscovita-biotita gnaisses parcialmente migmatizados e migmatitos estromáticos a paleossoma de biotita xisto e/ou gnaiss; 14. Migmatitos estromáticos, biotita gnaisses homogêneos, biotita-hornblenda gnaisses bandados, gnaisses calciosilicáticos. As linhas escuras representam milonitos e blastomilonitos.

LEGENDA DO MAPA TECTÔNICO. a. Terrenos granulito-granito-Migmatítico da Nappe Socor-Guaxupé; b. Terrenos metassedimentares e metavulcanossedimentares do Proterozóico médio e do Proterozóico Superior atribuídos ao Grupo São Roque; c. Terrenos metavulcanossedimentares e metassedimentares do Proterozóico Médio (Grupo Itapira-Andrelândia-Carrancas-São João Del Rei); d. Faixa blastomilonítica do Rio Preto; e. Terrenos tassedimentares, graníticos e migmatíticos do Cinturão Paraíba.

FIGURA 1

CINTURÃO PARAÍBA			
FAIXA BLASTOMILONÍTICA	ZONA CENTRAL	ZONA COSTEIRA	
		+	1
2	2	2	3
4	5	5	4
6		8	9
7			
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		

BRASILIANA

OROGÊNESE

PRÉ-BRASILIANO I

PRÉ-BRASILIANO II

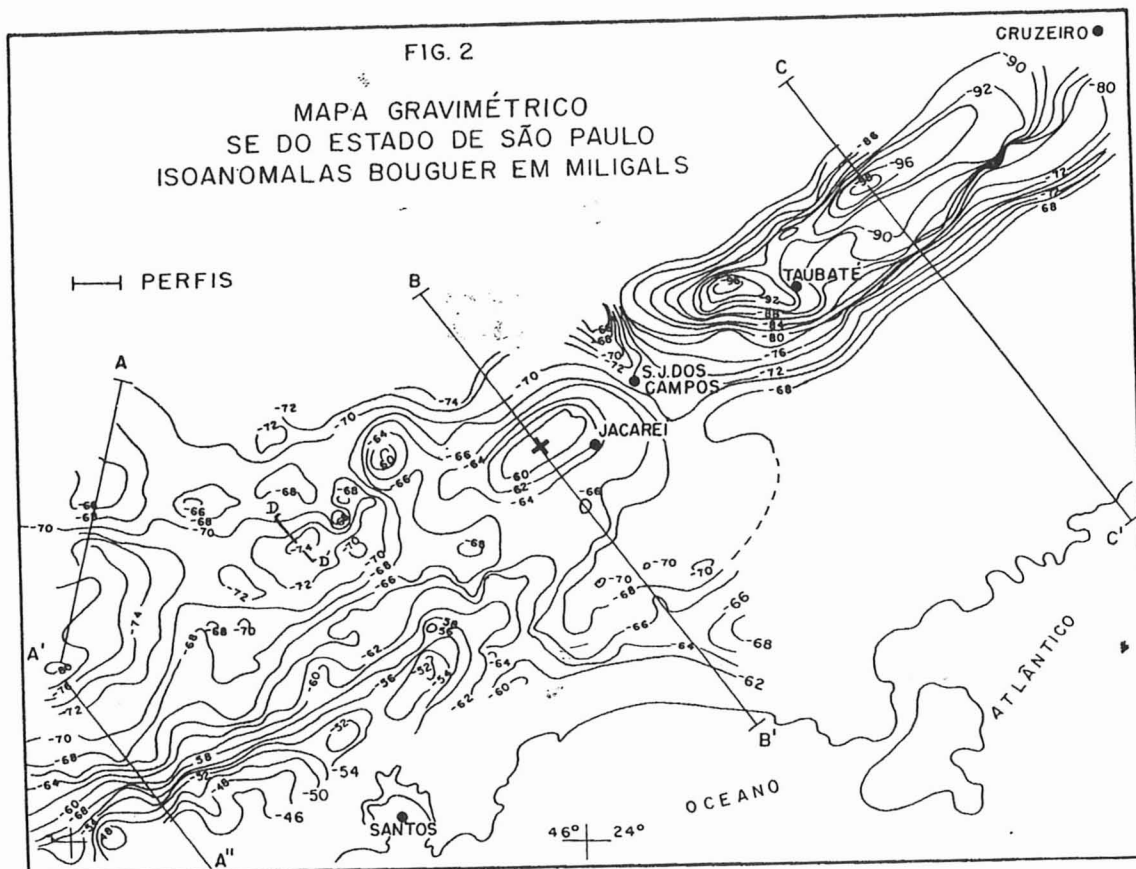


Figura 2 - Mapa gravimétrico da área estudada: Região da Grande São Paulo (IAG-USP, 1984), Vale do Paraíba (IG-USP, 1967).

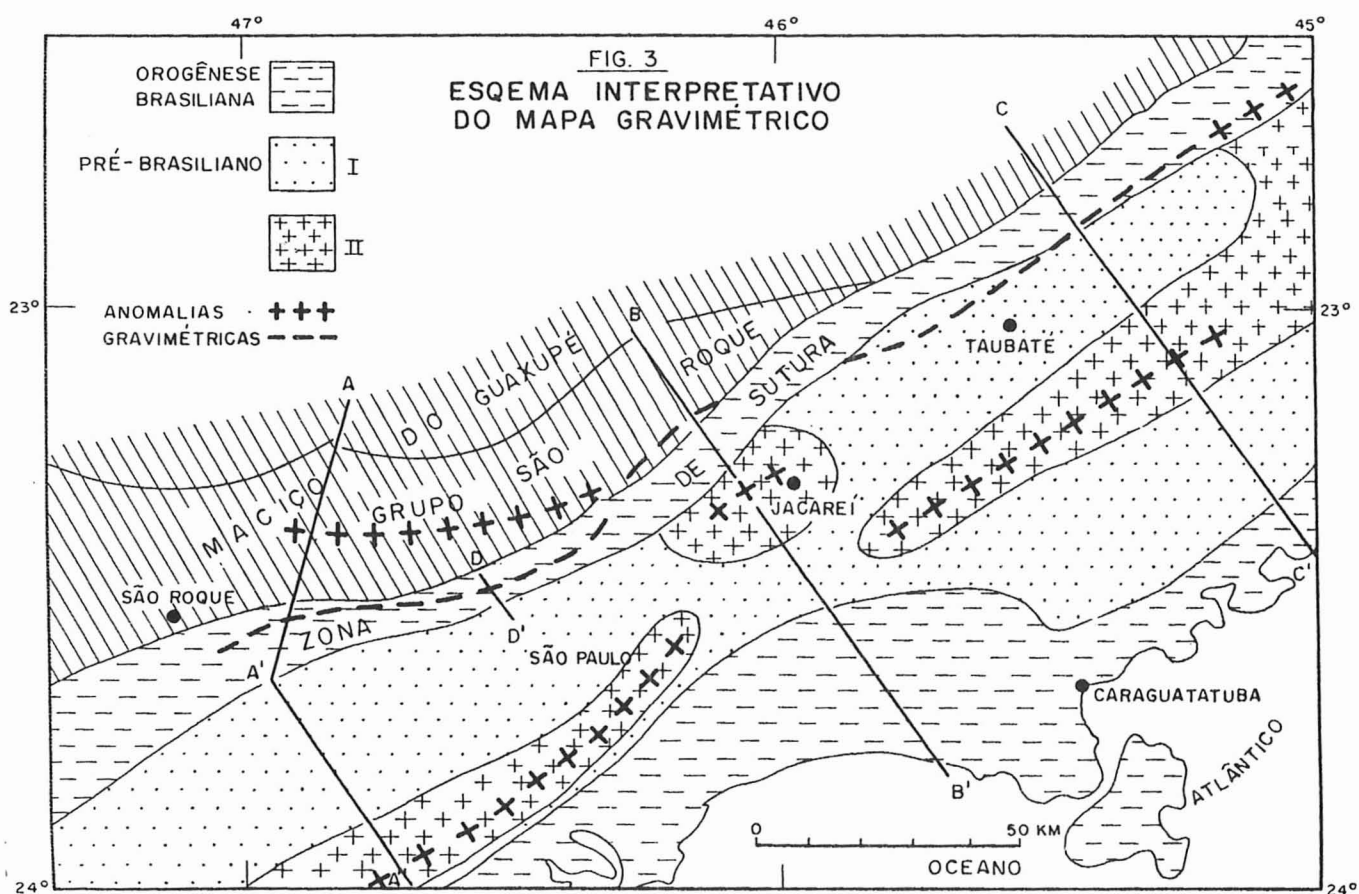


FIG. 4

SUPERFÍCIE DE
TENDÊNCIA DO 3º GRAU

○₊₉ resíduos

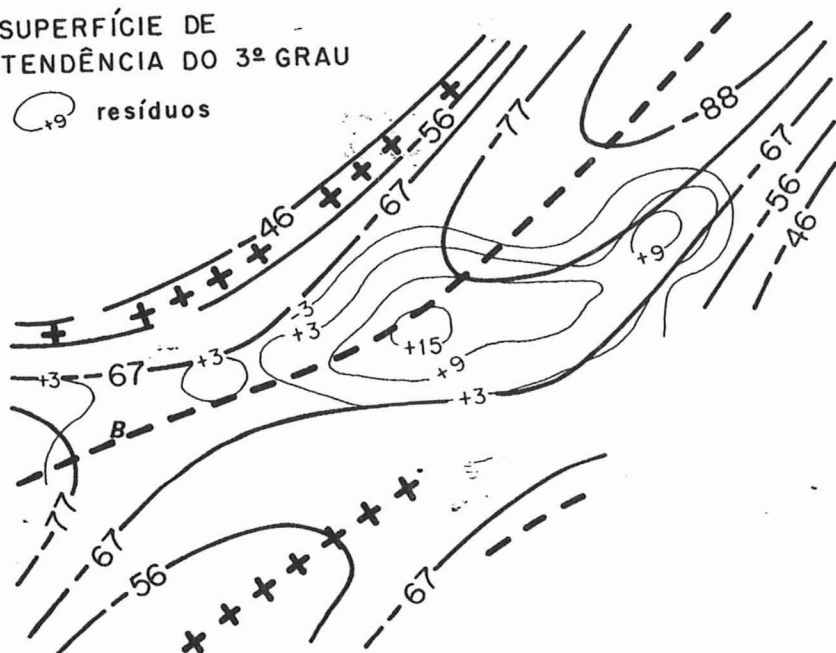


Figura 4 - Mapa de tendência de grau 3. Um grande resíduo é apontado na região de Jacareí

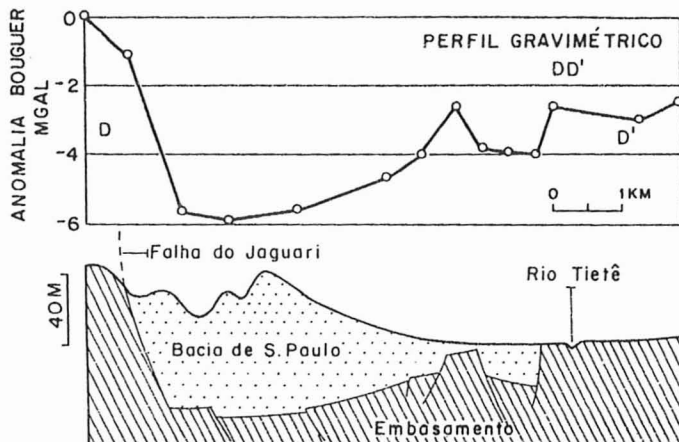
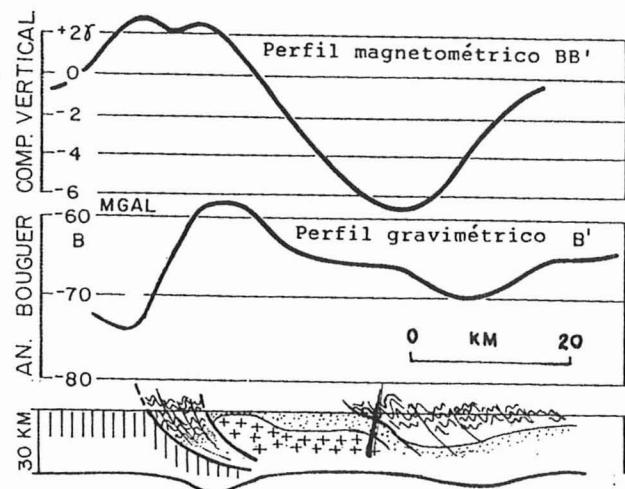
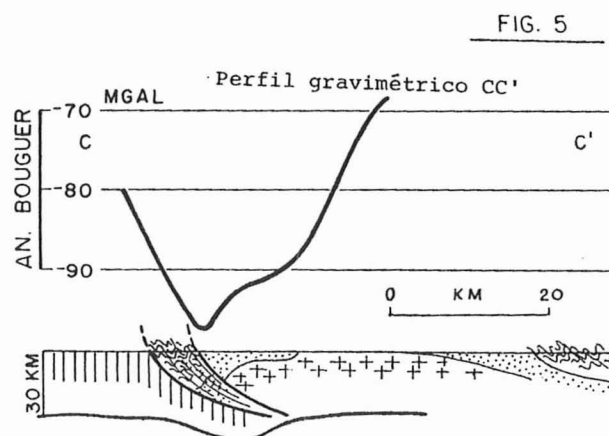
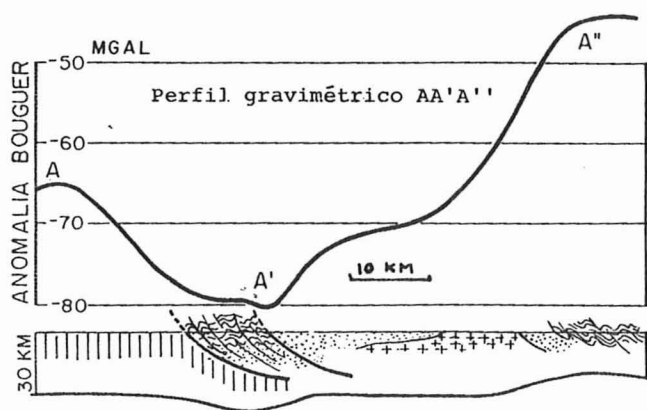


FIG. 5