

Levantamento Gravimétrico na Região de Franca - SP e Delfinópolis - MG, no Reconhecimento e Delimitação de Feições Estruturais (Zonas de Sutura)

Maximilian Fries (maxfries@yahoo.com.br), Walter Malagutti Filho, Norberto Morales, João Carlos Dourado
Departamento de Geologia Aplicada - Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP
Av. 24-A 1515, CEP 13506-900, Rio Claro, SP, BRA

Recebido em 26 de março de 2007; aceito em 16 de agosto de 2007

Palavras-chave: geofísica, anomalia Bouguer, características tectônicas.

RESUMO

Este trabalho apresenta o resultado do levantamento geofísico realizado no nordeste do estado de São Paulo e sudoeste do estado de Minas Gerais em uma área de 80 por 97,5 km localizada a sudoeste do Brasil. O mapa da anomalia Bouguer associado a estudos geológicos e estruturais permite identificar basicamente três grandes domínios gravimétricos relacionados ao arranjo estrutural e compartimentação crustal (blocos crustais delimitados por grandes descontinuidades) na área. Essas descontinuidades foram interpretadas em estudos anteriores como zonas de geosuturas localizadas abaixo dos sedimentos da Bacia sedimentar do Paraná e possuem um prolongamento no embasamento Pré – Cambriano. As descontinuidades denominadas de Alterosa e Ribeirão Preto são classificadas como sendo suturas colisionais do tipo - A compondo um arranjo de junção tríplice. São reconhecidas no mapa da anomalia Bouguer duas anomalias lineares e os limites entre os blocos crustais ou paleo-placas Brasília e São Paulo. A zona de sutura de Alterosa possui uma direção preferencial NW-SE e na direção NE-SW encontra-se a zona de sutura de Ribeirão Preto. O mapa da anomalia Bouguer gerado fornece subsídios e informações para novos conceitos e teorias de modelos tectônicos propostos.

Keywords: geophysics, Bouguer anomaly, tectonic features.

ABSTRACT

This paper presents the results of a geophysical study carried out in northeastern São Paulo State and southwestern Minas Gerais State over an area 80 km wide and 97.5 km long in SE Brazil. The Bouguer anomaly map, and geological and structural data allowed to identify three different gravity domains - crustal blocks limited by major discontinuities -related to the structural pattern of the area. These discontinuities were interpreted as geosuture zones underlying the Paraná Basin sediments which have extensions in the Pre-cambrian Basement. The crustal discontinuities named Alterosa and Ribeirão Preto may be seen as A - type collision sutures in a triple junction arrangement. Two prominent linear anomalies are recognized in the Bouguer anomaly map, as well as the limit between the Brasília and São Paulo crustal blocks or paleoplates. The Alterosa suture zone trends NW-SE while the Ribeirão Preto suture has a NE-SW direction. The Bouguer anomaly map provides subsidies and information on new concepts and theories leading to the refinement of tectonic models.

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Um levantamento gravimétrico terrestre aplicado em nível regional fornece indicações sobre o arranjo, relações e compartimentações entre massas crustais, que associadas às informações sobre a constituição litológica e às estruturas geológicas, constituem uma importante base para modelagens tectônicas. Um levantamento gravimétrico de semidetalhe, em conjunto com um levantamento estrutural, pode proporcionar informações necessárias para formular hipóteses, bem como confirmar e/ou refinar modelos propostos, buscando, desta maneira, a localização de eventuais estruturas de grande porte, as quais podem contribuir para a determinação dos processos evolutivos que ocorrem na área estudada.

No passado, a compartimentação crustal e a sua evolução eram determinadas estimando-se a geração da crosta em um determinado tempo ou através dos métodos de datação isotópica. Nas últimas décadas, estudos geofísicos para determinação de anomalias crustais foram executados em vários países (América do Norte, Canadá, Brasil, Austrália e Índia). Em especial foi utilizado o método da gravimetria para determinação de descontinuidades em blocos crustais em áreas estáveis (crátons). Estes estudos foram de grande importância na evolução do conhecimento de estruturas regionais e locais (Gibb e Thomas, 1976; Gibb e Thomas, 1977; Haralyi et al., 1985; Hasui et al., 1989).

A aplicação de gradientes gravimétricos derivados de valores observados da anomalia Bouguer é de grande auxílio na determinação e no reconhecimento de variações laterais abruptas de caráter regional em pacotes rochosos. Os altos gradientes gravimétricos são diretamente associados aos dados observados da anomalia Bouguer que possuem grandes comprimentos de onda. A distinção de gradientes gravimétricos maiores ou menores do que 20 mGal/km são determinantes no reconhecimento das chamadas assinaturas estruturais de primeiro grau (Gibb e Thomas, 1977; Haralyi et al., 1985; Thomas et al., 1988; Hasui et al., 1989). Esses estudos sustentam também que o significado de *trends* estruturais que possuem gradientes gravimétricos altos, com a identificação de domínios como um produto direto, possui correlação direta aos domínios estruturais reconhecidos e confirmados anteriormente em estudos geológicos de superfície. Como exemplo pode-se citar o escudo Canadense e suas províncias (Thomas et al., 1988). Os maiores gradientes gravimétricos no escudo Canadense ocorrem, via de regra, ao longo de junções entre as províncias estruturais, interpretadas como zonas de sutura de caráter colisional de dois protocontinentes (Gibb e Thomas, 1976; Gibb e Thomas, 1977; Thomas et al., 1998). De forma similar, a região estudada nesse trabalho apresenta um conjunto de suturas que delineiam junções, interpretadas como

zonas de sutura, reconhecidas em estudos anteriores como o de Haralyi e Hasui (1982).

É importante também mencionar que essas suturas, aqui reconhecidas, delineiam junções triplícies e não padrões de entrecruzamentos, sugerindo um desenvolvimento coeso, mas não necessariamente sincrônico, e devem ter culminado com a agregação dos blocos em um megacontinente que se formou por volta de 2,5 Ga (Hasui et al., 1989).

O principal objetivo deste estudo foi o de determinar e delinear os fortes gradientes gravimétricos relacionados às zonas de sutura de Alterosa e de Ribeirão Preto. Pôde-se desta forma definir os limites, a articulação, a extensão e a direção destas suturas. Para isso foram utilizadas as informações advindas de 108 estações gravimétricas levantadas em trabalhos de conclusão do curso de geologia da UNESP – Rio Claro (1994 e 1998), cujos dados foram retrabalhados e reprocessados além dos novos dados adquiridos no estudo atual.

CONTEXTO GEOLÓGICO

A área de estudo (Figura 1) é representada geologicamente pelas rochas do embasamento (Grupos Araxá e Canastra) e pelas unidades sedimentares da Bacia Sedimentar do Paraná. Na região representada pela Bacia do Paraná as principais unidades litoestratigráficas são: Formação Aquidauana (Grupo Itararé), Formação Pirambóia, Formação Botucatu, Formação Serra Geral, Grupo Bauru e as coberturas Cenozóicas (Figura 2).

A Bacia Sedimentar do Paraná é uma vasta bacia intracratônica sul-americana, desenvolvida completamente sobre a crosta continental e preenchida por rochas sedimentares e vulcânicas, cujas idades variam entre o Siluriano e o Cretáceo. É uma vasta região de sedimentação situada na porção centro-oriental da América do Sul, evoluiu durante o Paleozóico e o Mesozóico e abriga um registro estratigráfico temporalmente posicionado entre o Neordoviciano e o Neocretáceo, documentando assim quase 400 milhões de anos da história geológica fanerozóica dessa região (Milani, 1997). Encerrado o ciclo Brasileiro, o sítio onde viria a se desenvolver a Bacia do Paraná apresentava-se constituído de faixas móveis originadas ou retrabalhadas neste ciclo e outras áreas, os crátons pré-Brasilianos, que nele haviam sido grandemente poupados pela tectonogênese e processos correlatos. O Cráton do São Francisco é, em grande parte, resultado do retrabalhamento, em eventos posteriores de um maior e mais antigo núcleo estável, denominado Cráton Paramirim, de idade pré-transamazônica (Almeida, 1981). Durante o Evento Brasileiro (640 - 450 Ma), foram geradas faixas de dobramento que hoje margeiam e definem a forma do Cráton do São Francisco. A partir da definição do Cráton do Paramirim, da sua

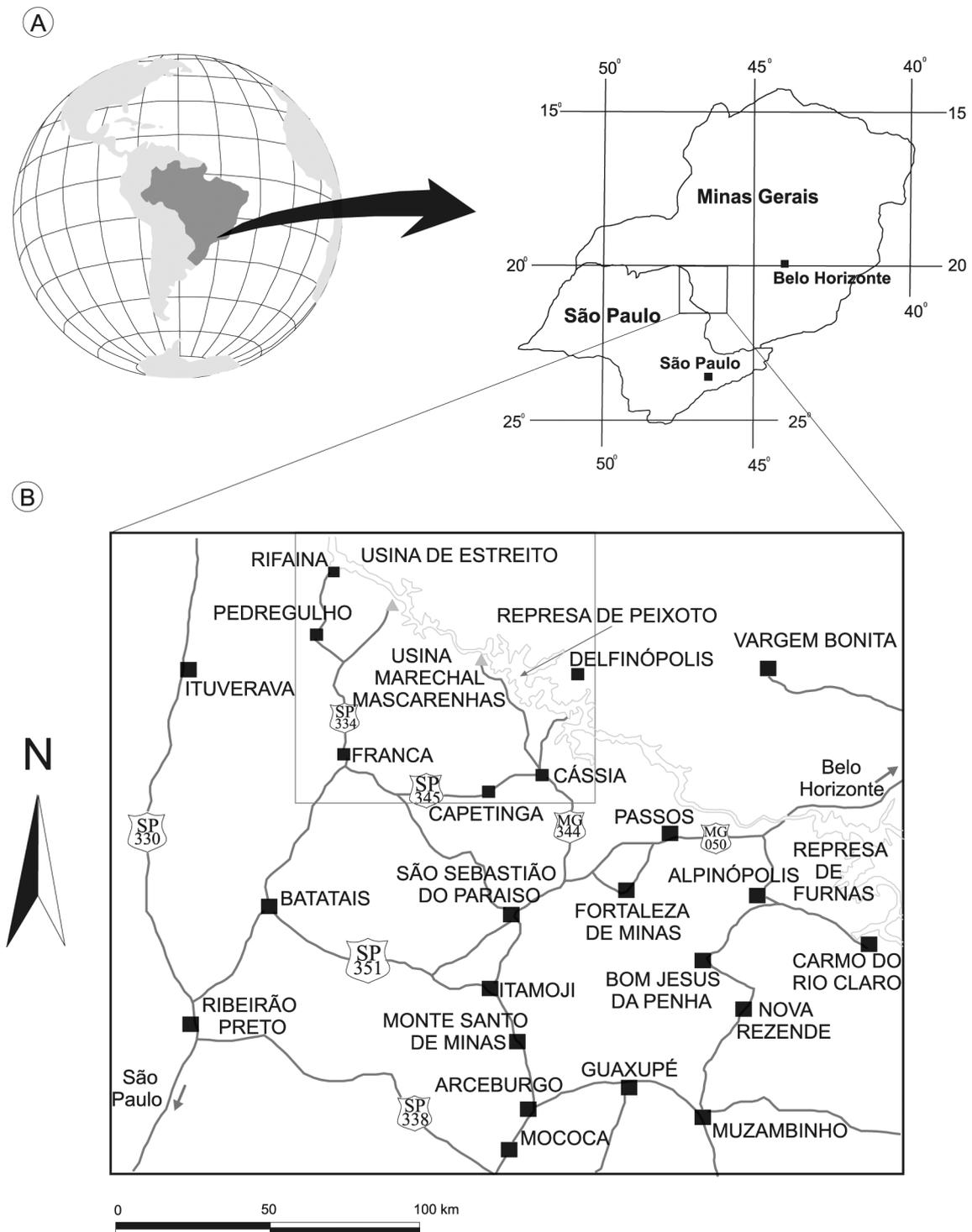


Figura 1. Localização da área e as principais cidades. **A.** Contexto regional. **B.** Contexto local. Área de pesquisa delimitada pelo retângulo.

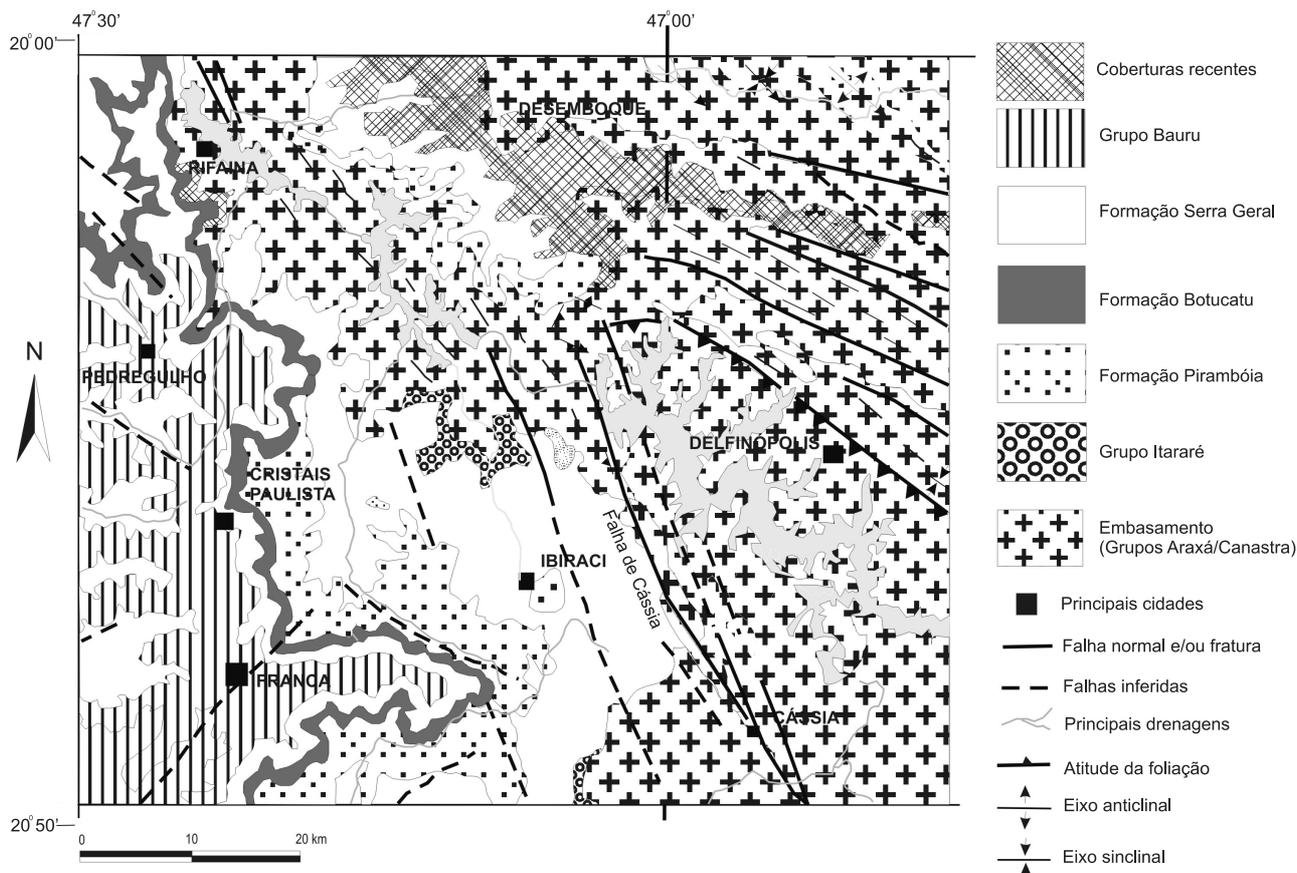


Figura 2. Mapa geológico simplificado da área de pesquisa com as principais cidades e litologias presentes. Modificado de Radam Brasil (1983); Simões (1995) e Claro (1999).

conseqüente delimitação (zonas de sutura), assim como dos cinturões móveis que o rodeavam, esta bacia pode ser considerada intracratônica.

Na região NE da bacia, os alinhamentos estruturais se apresentam com as direções NW e NE, sendo coincidentes com os que foram encontrados no cráton do Paramirim (Almeida, 1981). Segundo Zalán et al. (1987), existe um marcante padrão das feições lineares em forma de X e estas feições podem ser divididas em três grupos, de acordo com suas orientações NW-SE, NE-SW e E-W. O lineamento NW (Arqueano) é o mais antigo e o lineamento NE o mais recente sendo reativado durante o Mesozóico. Esses lineamentos são fortemente representados e reconhecidos em anomalias gravimétricas de espessuras crustais denominadas de tipo A. Os lineamentos NW-SE se encontram em um arranjo de junção tríplice, de cavalgamento de baixo ângulo e conseqüente espessamento crustal, de forma que o cinturão de rochas granulíticas do bloco São Paulo é representante em superfície desta configuração denominada de zona de descontinuidade de Alterosa (Haralyi e Hasui, 1982).

O lineamento NE é reconhecido por gradientes menores dos valores das anomalias gravimétricas (sem evidências seguras de uma descontinuidade crustal em superfície) e estende-se abaixo dos sedimentos Paleozóicos e Mesozóicos da Bacia do Paraná (Hasui e Haralyi, 1982; Haralyi et al., 1985).

A região sudoeste do Estado de Minas Gerais possui o seu padrão geotectônico delineado na forma de dois grandes blocos crustais (Figura 3):

1. bloco ao sul (Bloco São Paulo);

2. ao norte (o Bloco Brasília) com os terrenos de *greenstone belts* separados por uma zona de sutura próxima à cidade de Alterosa (MG), facilmente reconhecida em estudos gravimétricos (Hasui e Haralyi, 1982; Haralyi et al., 1985).

A geologia do Bloco São Paulo constitui-se basicamente por rochas metamórficas de alto grau (cinturão de rochas granulíticas) na zona colisional. Este padrão é típico em regiões onde partes mais profundas da crosta foram soerguidas por meio da colisão de grandes massas. As litologias mais

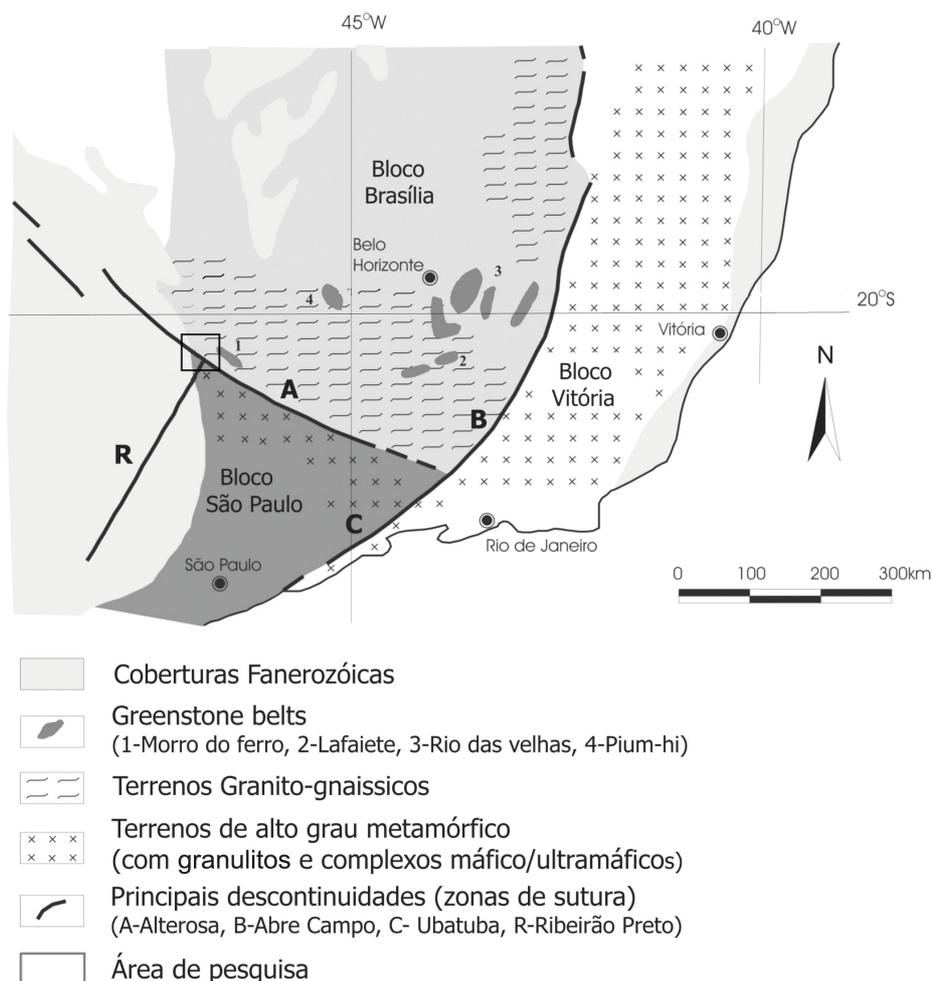


Figura 3. Blocos Crustais. Visualização regional da compartimentação da região sudoeste do território brasileiro, com base na interpretação de dados gravimétricos. Destacam-se os principais tipos de terrenos com limites dos blocos crustais (Hasui et al., 1982; Morales, 1983).

representativas são agrupadas como o Complexo Varginha e suas correlatas que são compostas por rochas granulíticas ácidas a básicas, graníticas, biotita e anfíbolitos gnaisses, e em menor expressão quartzitos, gnaisses cálcio-silicáticos, mármore e gnaisses kinzíticos.

O Bloco Brasília é representado pelo bloco cavalgado com rochas na sua maioria composta por gnaisses graníticos, seqüências *greenstone belts* e coberturas meta-vulcânico-sedimentares. O Complexo Barbacena representa as rochas do embasamento com gnaisses migmatíticos e granodioritos com diferentes estruturas e apresentando rochas metabásicas e metassedimentares intercaladas sendo representantes dos terrenos *greenstone*. As rochas do Grupo Araxá e seus constituintes são representadas pelas coberturas metassedimentares do Bloco Brasília compostas basicamente

por xistos, quartzitos e gnaisses metamorfoseados em fácies de xisto verde a anfíbolito (Almeida, 1997).

GRAVIMETRIA

A gravimetria envolve medidas do campo gravitacional terrestre, com o objetivo de mapear as variações de densidade nos materiais da Terra e assim subsidiar estudos em várias áreas das Geociências, como estudos tectônicos, em apoio ao mapeamento estrutural. Em estudos de subsuperfície, baseia-se no fato de que diferentes distribuições de densidade abaixo da superfície provocam distorções (anomalias) no campo gravitacional normal que envolve a Terra. Portanto, no levantamento gravimétrico é medida a atração gravitacional em diferentes pontos da superfície da Terra

com o principal objetivo de detectar as diferenças de densidade das rochas relacionadas às estruturas geológicas. Em campanhas de prospecção geológica consiste na obtenção da mensuração da atração que o material em subsuperfície exerce sobre uma massa, localizada no instrumento de medida denominado de gravímetro.

O valor gravitacional (g) representa a aceleração normal da gravidade em uma superfície de referência definida por valores numéricos que dependem da medida do raio equatorial, do coeficiente de achatamento e da massa da Terra, assumindo-se que essa superfície do elipsóide de referência é uma superfície equipotencial.

Para o cálculo das anomalias gravimétricas é usada como referência a superfície média dos oceanos (nível do mar) que define o geóide, que nem sempre é coincidente com o elipsóide. A magnitude de uma medida gravimétrica depende da latitude, altitude, relevo (ou variação topográfica) da área próxima à estação gravimétrica, variação das marés e variações de densidade em subsuperfície. A fim de se isolar esses efeitos é necessária a correção das medidas (redução dos dados). No caso deste estudo as correções foram as seguintes:

- a. correção de latitude;
- b. correção *free-air*;
- c. correção Bouguer;
- d. correção da atração luni-solar (marés);
- e. correção da deriva instrumental.

Os procedimentos de redução de dados aqui executados são detalhados de forma pormenorizada por Telford et al. (1976) e Sheriff (1989).

METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS ADOTADOS

Inicialmente, foi feita uma revisão de estudos anteriores e um reprocessamento dos dados existentes (Trabalhos de Formatura UNESP, 1994, 1998), seguida então de uma aquisição gravimétrica terrestre e um levantamento altimétrico/barométrico simultâneo para a obtenção dos valores da aceleração gravitacional, das anomalias Bouguer e *free-air*. Na implantação das estações gravimétricas (Figura 4) utilizaram estações de referência de nível (RNs) do IBGE como estações base para o levantamento altimétrico/barométrico.

No levantamento altimétrico/barométrico foram utilizados seis altímetros da American Paulin System, ficando três deles registrando, a cada dez minutos, as variações nas condições barométricas numa estação base determinada (cidades de Delfinópolis e/ou Franca) e os outros três acompanhando o gravímetro para a medida da gravimetria. Para a

atenuação dos erros inerentes a essa metodologia, procurou-se manter uma distância máxima de 30 km da estação base. Os procedimentos de correção e de cálculo para a altimetria/barometria são descritos pormenorizadamente por Hodgson (1989).

As medidas de gravidade foram feitas com um gravímetro da marca La Coste e Romberg, modelo G 987 com uma precisão de 0,01 mGal. As coordenadas UTM das estações gravimétricas foram adquiridas usando-se um GPS portátil da marca Garmin. O levantamento gravimétrico foi executado ao longo das principais rodovias e estradas vicinais de acesso e procurou-se manter um espaçamento médio de 2 km entre as estações. A estação base de referência usada na redução e correção Bouguer localiza-se na cidade de Franca (SP), foi implantada em 1977 e pertence à Rede Gravimétrica do Estado de São Paulo (IAG/USP), que é referenciada à Rede Gravimétrica Internacional de 1971 (IGSN71 – International Gravity Standardization Net).

As estações gravimétricas adquiridas e os valores da anomalia Bouguer resultantes, foram determinados por meio da plataforma computacional OASIS/MONTAJ comercializada pela Geosoft Inc. Para a correção Bouguer foi utilizado o valor médio da densidade da crosta terrestre de $2,67 \text{ g/cm}^3$.

Um total de 508 estações gravimétricas foi processado, sendo 400 adquiridas neste trabalho e 108 estações pré-existentes.

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO MAPA DA ANOMALIA BOUGUER

O mapa de contorno com os valores da anomalia Bouguer (Figura 5), foi gerado por um *grid* de 80 x 83 pontos (direção X e Y respectivamente) e usado o método da mínima curvatura para a interpolação dos valores. O mapa Bouguer gerado neste estudo, seus valores e gradientes gravimétricos e seu arranjo espacial em concordância com as unidades litológicas e compartimentação da área, permitiu a elaboração e determinação dos modelos crustais propostos.

Para a elaboração dos modelos dois perfis principais foram escolhidos, tendo como base o mapa geológico de Claro (1999). Procurou-se observar o arranjo estrutural e o padrão das principais falhas presentes na área. Essas feições foram comparadas aos valores observados da anomalia Bouguer e sua distribuição na área. Os perfis foram eleitos de forma que os modelos gerados melhor representem a compartimentação estrutural formada pelas zonas de sutura e seus respectivos blocos crustais.

Um mapa dos principais domínios gravimétricos da área foi elaborado tendo os valores da anomalia Bouguer como referência. Esses domínios foram classificados como as seguintes três principais províncias gravimétricas (Figura 6):

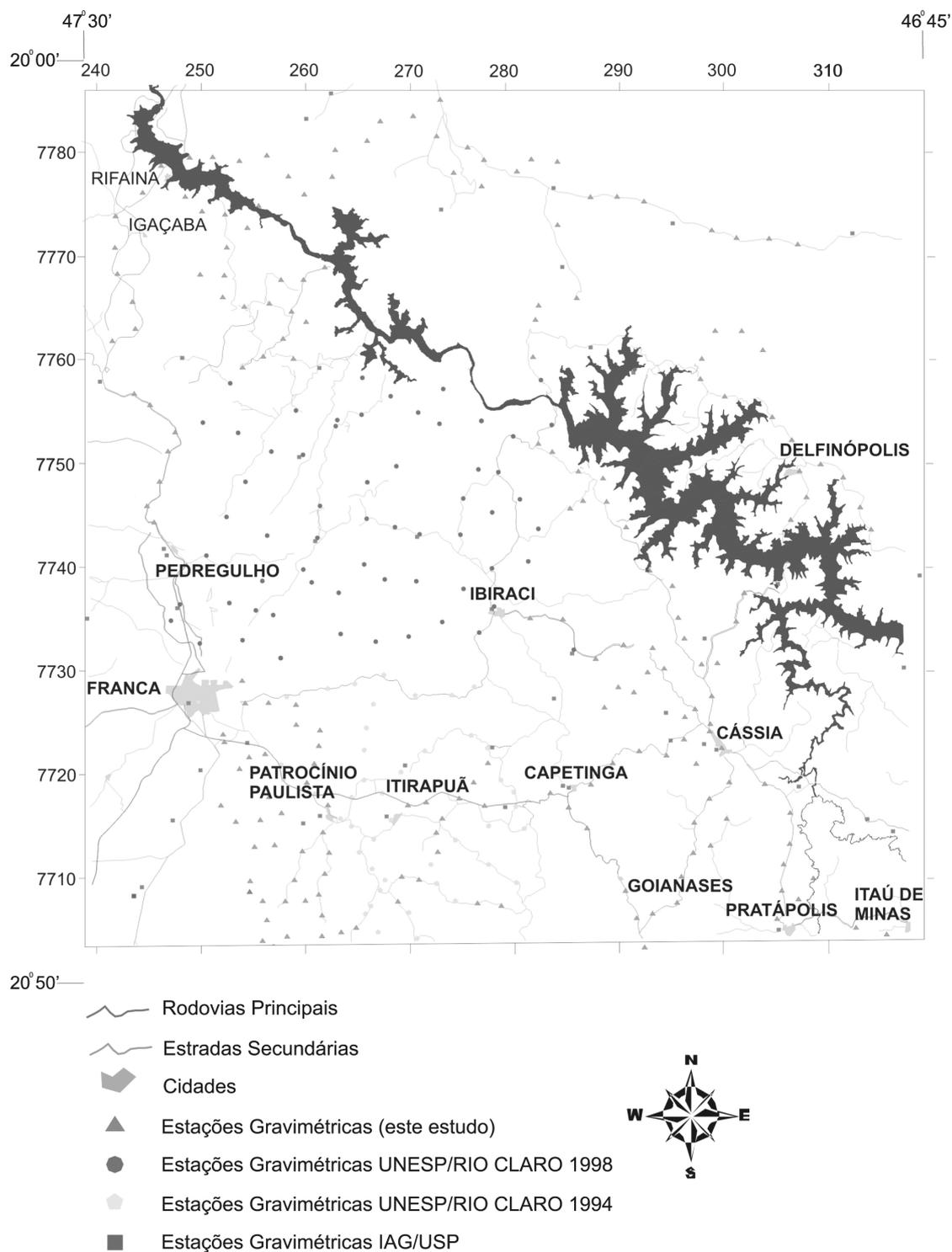


Figura 4. Mapa de pontos gravimétricos com as principais cidades e vias de acesso.

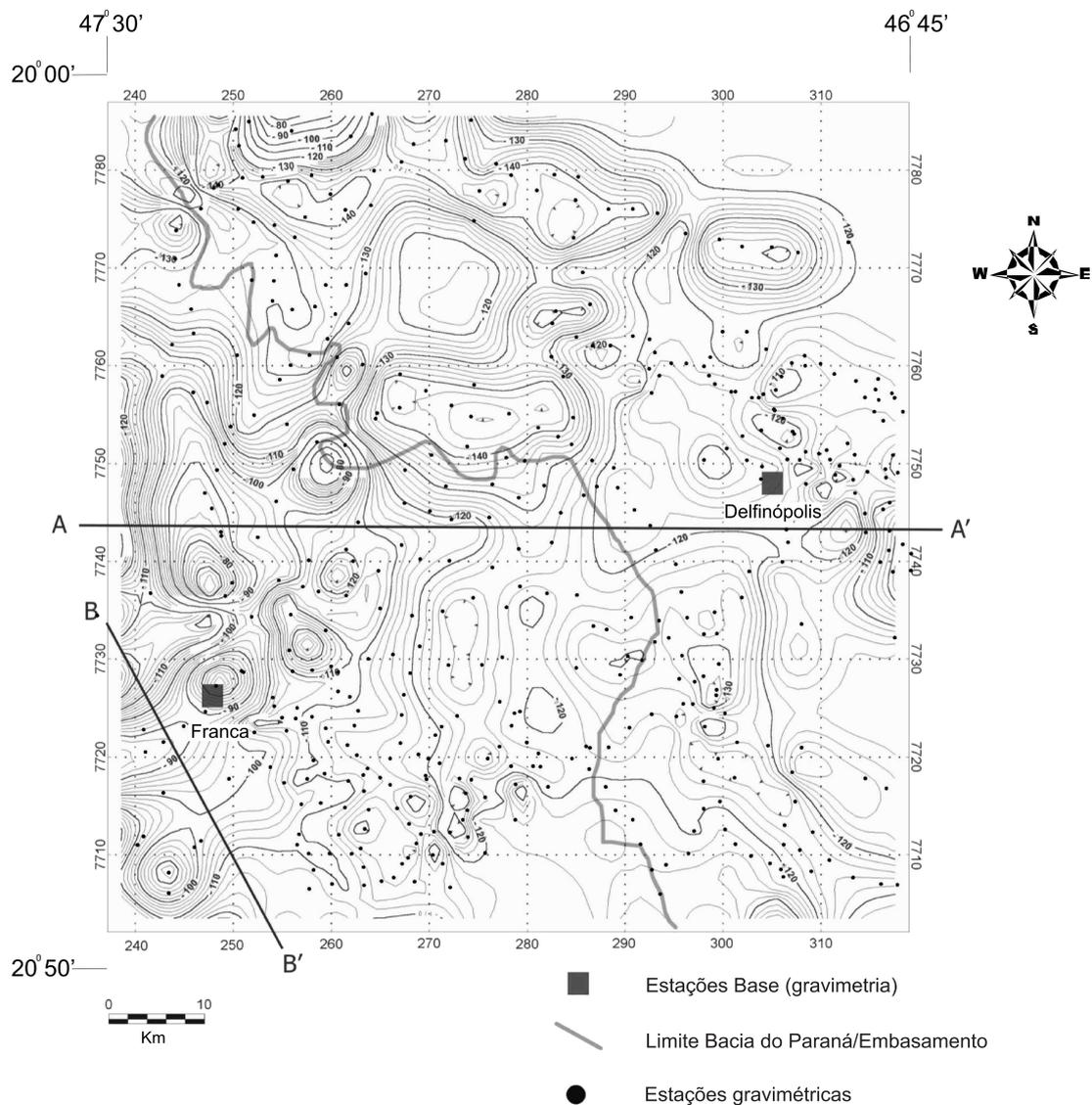


Figura 5. Mapa de contorno dos valores de anomalia Bouguer. Encontram-se representadas as estações base de Franca e Delfinópolis (quadrados pretos), os perfis A–A', B–B' dos valores observados para a modelagem gravimétrica e o limite bacia/embasamento. O intervalo de contorno das isolinhas é de 2 mGal.

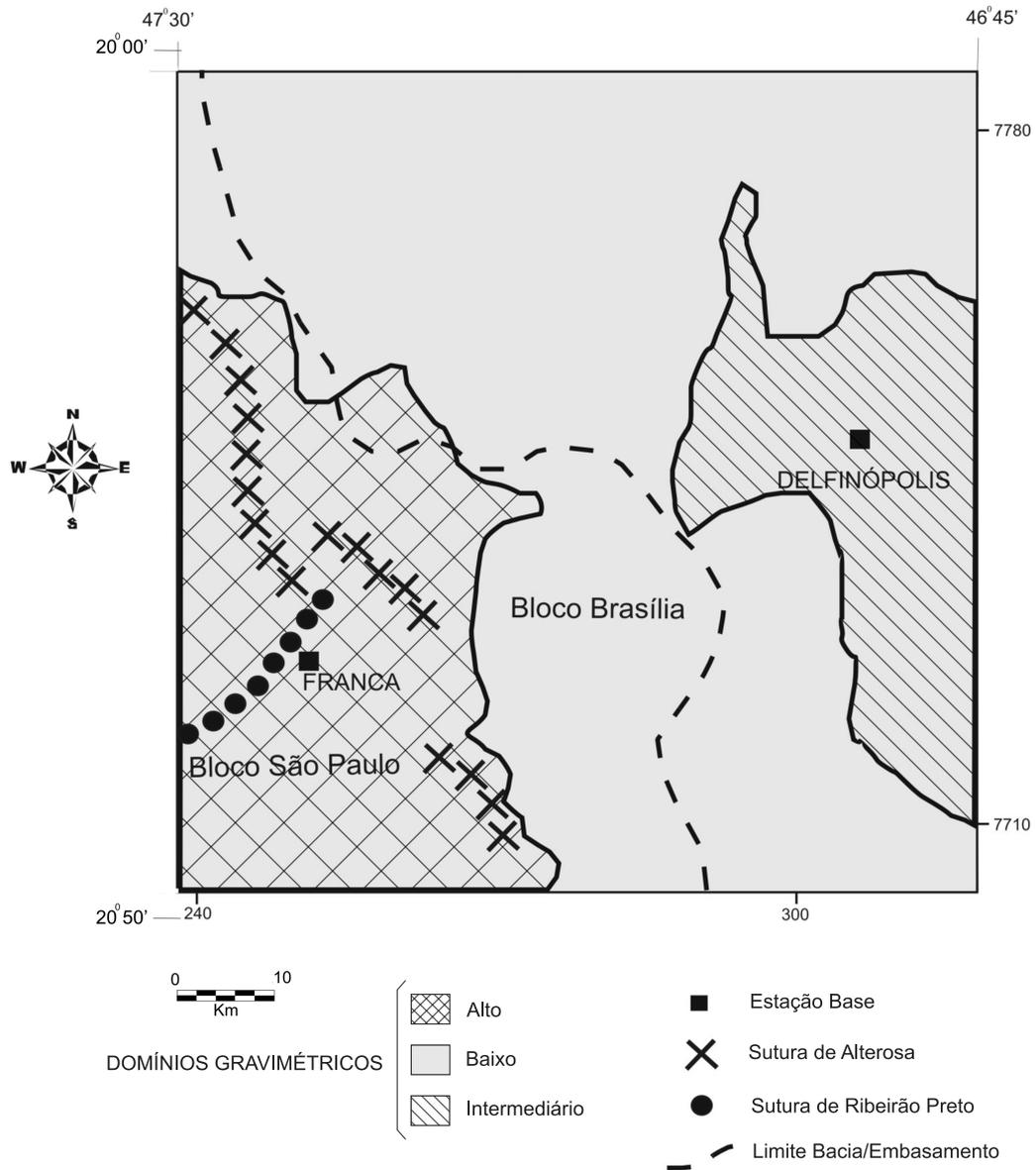


Figura 6. Principais domínios gravimétricos reconhecidos no estudo, blocos crustais e traçados das descontinuidades de Alterosa e Ribeirão Preto baseados nos altos gradientes horizontais das curvas isogálicas.

1. Alto gravimétrico com valores da anomalia Bouguer variando de -80 a -120 mGal na porção SW e alongada em uma direção NS.

2. Baixo gravimétrico com valores da anomalia Bouguer variando de -120 a -150 mGal na porção central da área. Este domínio é alongado na direção NW/SE e coincidente com o limite bacia/embasamento.

3. Domínio intermediário a NE/E, com valores da anomalia Bouguer variando de -110 a -118 mGal. Esta área é litologicamente representada pelas rochas do Grupo Araxá e Canastra do embasamento.

MODELAGEM CRUSTAL

A modelagem crustal foi executada nos perfis denominados de A–A' e B–B' (Figura 5) tendo como finalidade quantificar e elucidar o comportamento das massas relacionadas às porções crustais e também de testar um modelo tectônico colisional deduzido e concebido a partir de informações e dados geológicos e litológicos de superfície.

Descrição dos modelos

O perfil A–A' (Figura 7) de direção E–W atravessa dois altos gradientes gravimétricos horizontais relacionados à zona de sutura de Alterosa. O perfil B–B' (Figura 8) é representado por gradientes gravimétricos horizontais menores e que se encontram na forma de junção tríplice (perpendicular ao lineamento da sutura de Alterosa de acordo com a Figura 3). Este perfil atravessa gradientes gravimétricos horizontais menores que 10 mGal/km, mas é considerado também uma característica de zona de colisão e é relacionado à zona de sutura de Ribeirão Preto com poucas evidências em superfície (Hasui et al., 1989).

Características e atributos dos modelos

Os modelos foram gerados basicamente a partir do mapa da anomalia Bouguer com seu perfil geológico pré-determinado no *software* GM–SYS da Northwest Geophysical Associates Inc. integrado à plataforma OASIS/MONTAJ. As litologias principais assim como as respectivas densidades foram baseadas em estudos anteriores como de Hasui et al. (1989) e Malagutti Filho et al. (1996). As direções dos perfis, assim como a localização, foram determinadas de forma a melhor atender as assinaturas gravimétricas mais significantes representadas pelas zonas de geosutura e seus respectivos limites.

DISCUSSÃO

Os valores da anomalia Bouguer menos negativos (alto gravimétrico) são evidentes na porção oeste/sudoeste do

mapa da anomalia Bouguer. Atingem valores de até -80 mGal e tornam-se mais negativos em direção a nordeste. Na porção oeste do mapa (Figura 5), esse alto gravimétrico encontra-se concentrado em uma zona alongada de direção norte/sul e apresenta uma área de alta densidade tanto em superfície como em subsuperfície, atingindo até níveis profundos (crosta inferior e superior).

Estas evidências são compatíveis com os modelos geotectônicos de zonas de sutura descritos em estudos anteriores de Gibb e Thomas (1976), Gibb e Thomas (1977), Haralyi e Hasui (1982), Haralyi et al. (1985), Thomas et al. (1988), Hasui et al. (1989). Porém, é necessário se considerar a abundância e a grande espessura das intrusões de rochas básicas presentes na área, representadas pela Formação Serra Geral. Por essa razão, valores observados da anomalia Bouguer com pequenos comprimentos de onda (anomalias residuais) foram eliminados e os valores com grande comprimento de onda (anomalia regional) foram mantidos por meio de filtragem passa-baixa. A intenção foi verificar se esses valores realmente correspondem às respostas de densidade das porções profundas da crosta associadas à sutura de blocos (duplicação da crosta) e sua grande extensão em subsuperfície.

Na porção sudoeste da área, os valores da anomalia Bouguer representados como altos gravimétricos, são fortemente marcados chegando a gradientes horizontais de 10 mGal/km. Esta região é caracterizada pelo arranjo colisional dos blocos de junção tríplice. Os valores observados da anomalia Bouguer no perfil A–A' de direção E–W (Figura 5), representam um alto gravimétrico (-80 e -120 mGal) e conforme avançam para leste, um baixo gravimétrico seguido de um alto ou platô com valores de -110 e -140 mGal. Esse perfil, traçado no paralelo 7743, possui a melhor variação e representatividade dos valores da anomalia Bouguer observados ao longo da área e possui as características de uma zona de colisão do Tipo A de acordo com os modelos propostos por Thomas (1977), Haralyi e Hasui (1982), Haralyi et al. (1985), Thomas et al. (1988).

Altos gradientes gravimétricos horizontais nas porções leste e sudeste são correlacionados, de acordo com o modelo da Figura 7, às unidades supracrustais dos Grupos Araxá e Canastra presentes na área. O modelo gerado possui um ajuste adequado e coerente com as características geológicas e estruturais da região e a ocorrência das rochas granulíticas representa, segundo Almeida (1997), a exposição das camadas mais profundas da crosta inferior.

Os altos gradientes gravimétricos na porção sudoeste (zona de sutura), estão presentes, na sua maioria, no bloco São Paulo, também denominado de bloco obductado e esses limites seguem a direção da descontinuidade de Alterosa (NW/SE). No mesmo domínio, em direção perpendicular, encontram-se evidências da descontinuidade de Ribeirão Preto, mencionada em estudos como o de Morales (1993), com

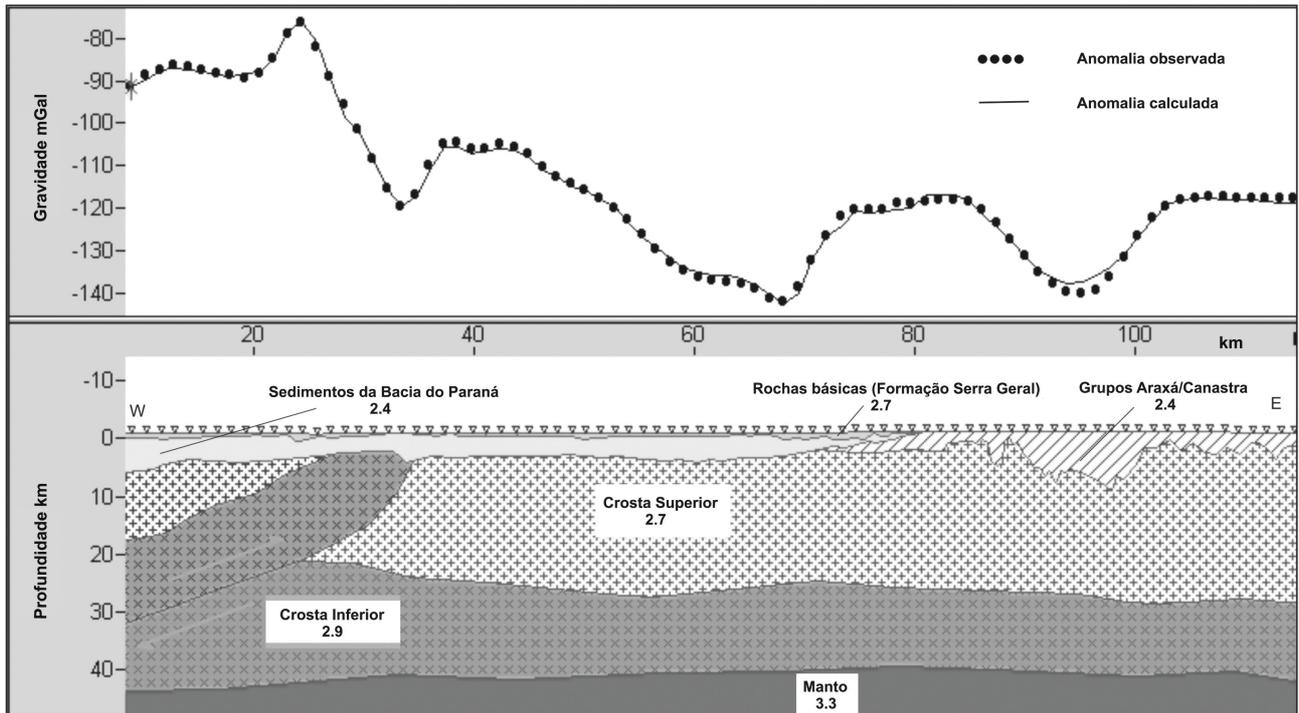


Figura 7. Perfil A-A' (ver Figura 5) com os valores da anomalia Bouguer observada (pontos), calculada (linha cheia) e o modelo crustal interpretado. Contrastes de densidade representados em g/cm^3 .

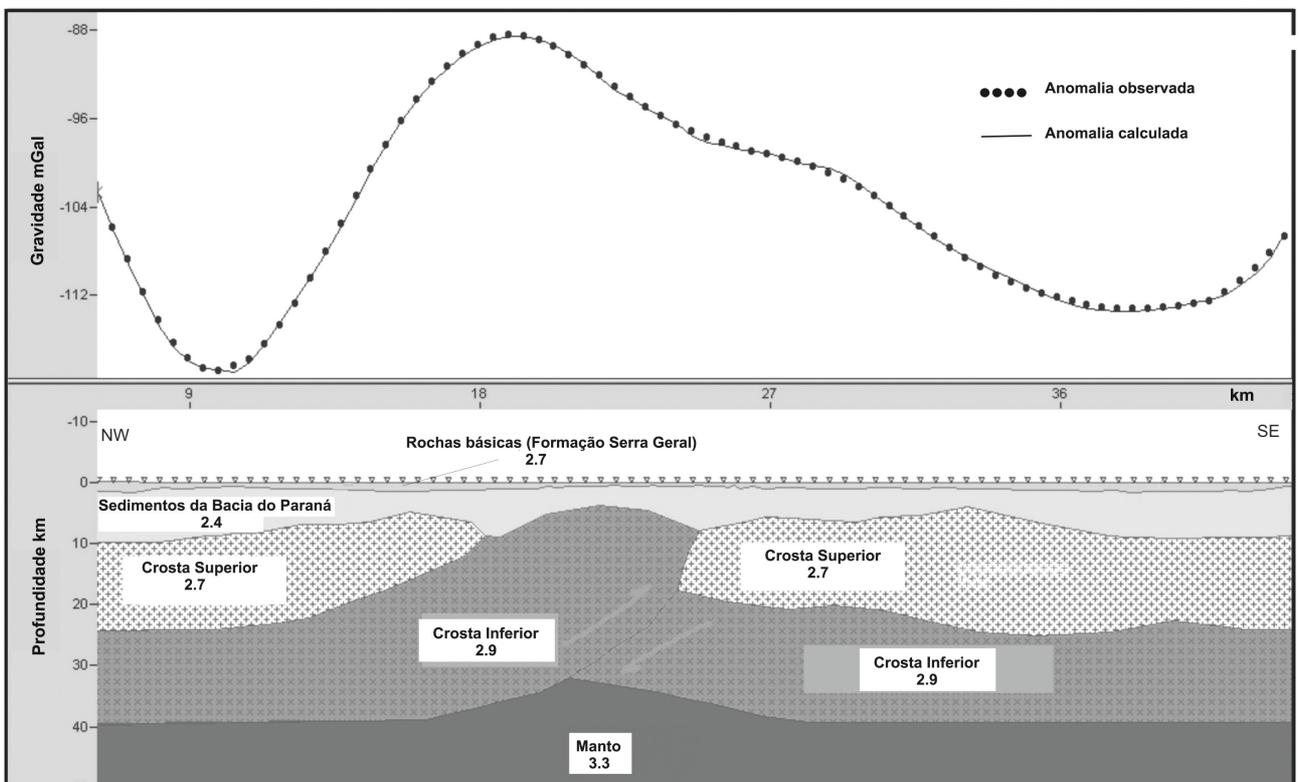


Figura 8. Perfil B-B' (ver Figura 5) com os valores da anomalia Bouguer observada (pontos), calculada (linha cheia) e o modelo crustal interpretado. Contrastes de densidade representados em g/cm^3 .

falhamentos de direção NE/SW. Por isso foi determinado o traçado do perfil B–B' ao longo dessa área para a elaboração do modelo (Figura 8). Esta descontinuidade é também reconhecida em fotografias aéreas e na observação do padrão das drenagens.

A zona de sutura de Ribeirão Preto, como anteriormente explanado, é uma descontinuidade com poucas evidências em superfície e que carece de estudos mais detalhados. Por

essa razão, elaborou-se um modelo alternativo (Figura 9) afim de justificar as respostas gravimétricas observadas, representado por um feixe de diques básicos oriundos do manto. Este feixe seria o provável alimentador das rochas da Formação Serra Geral, com uma densidade contrastante em relação às rochas encaixantes presentes na área. Este modelo procura justificar tanto as curvas da anomalia Bouguer como informações geológicas de superfície conhecidas (Figura 9).

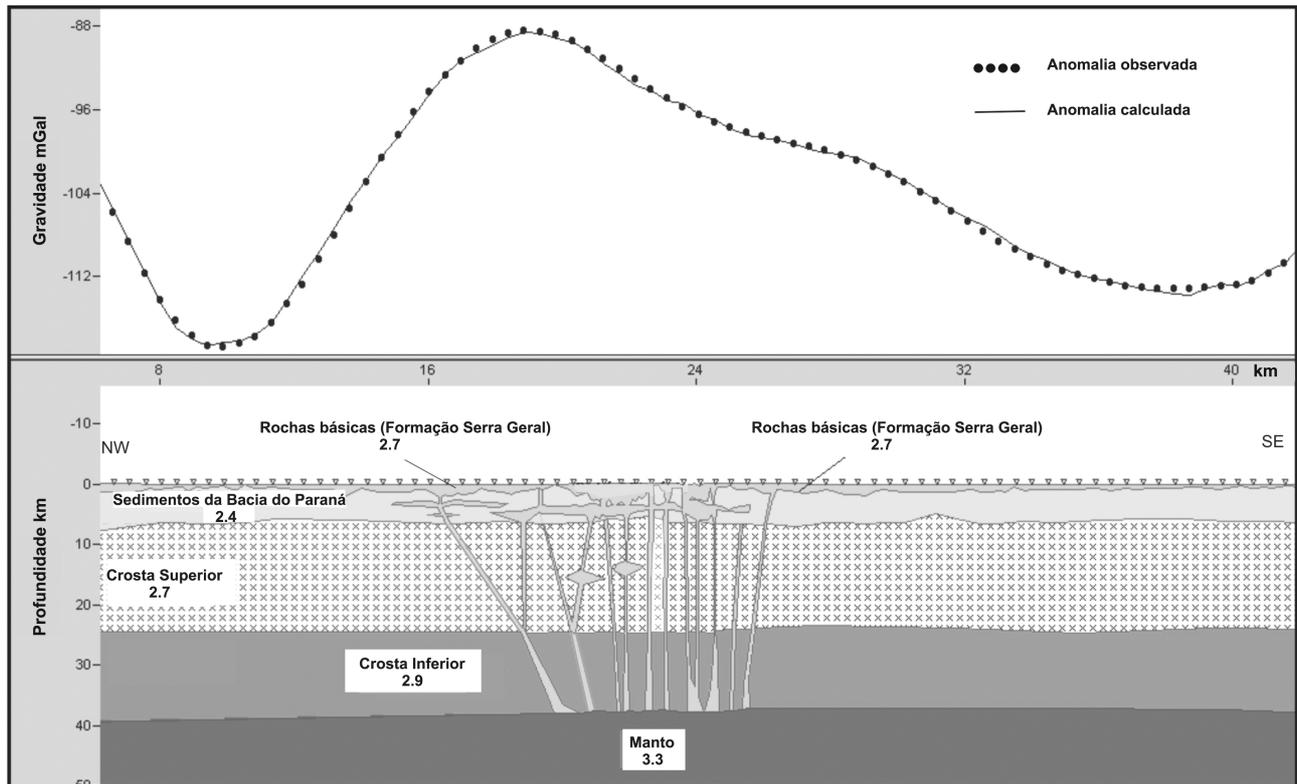


Figura 9. Perfil alternativo B–B' (ver Figura 5) com os valores da anomalia Bouguer observada (pontos), calculada (linha cheia) e o modelo crustal interpretado. Contrastes de densidade representados em g/cm^3 .

CONCLUSÃO

É possível argumentar neste estudo que o padrão original de junção através da colisão de massas foi afetado por processos tectônicos (falha de Cássia, por exemplo) modificando a configuração original (ver mapa geológico, Figura 2). A descontinuidade de Alterosa e de Ribeirão Preto, assim como sua extensão e seus limites, possui um complexo arranjo e uma articulação muito maiores do que os limites aqui estudados e que vão além dos limites da área de estudo em questão.

Conclui-se portanto que o zoneamento tanto litoestrutural como gravimétrico, associado a uma compartimenta-

ção delineada, permite uma melhor visualização e compreensão da distribuição das unidades presentes na área. Em regiões em que o conhecimento geológico e o mapeamento geológico são ainda de um nível de reconhecimento regional e geral, a aquisição de dados gravimétricos em maior detalhe associada ao estudo das feições estruturais, torna-se uma ferramenta de grande utilidade.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. M. O Cráton do Paramirim e suas relações com o do São Francisco. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRATON DO SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIS, 1.,

1981. Salvador. *Anais...* Salvador: SBG Núcleo Bahia, 1981. p. 1-10.
- ALMEIDA, S. H. S. *Estruturação tectônica da borda norte da cunha de Guaxupé na região de Alfenas (MG)*. 1997. 156 f. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1997.
- CLARO, C. *Geologia estrutural da região de Franca e Patrocínio Paulista*. 1999. 105 f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.
- DAVINO, A. et al. Diabásios na região nordeste da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., 1982. Salvador. *Anais...* Salvador: SBG 1982. p. 1736-1744. v. 4.
- GIBB, R. A.; THOMAS, M. D. Gravity signatures of a fossil plate boundary in the Canadian Shield. *Nature*, v. 262, p. 199-200, 1976.
- GIBB, R. A.; THOMAS, M. D. The thelon front: a cryptic suture in the Canadian shield?. *Tectonophysics*, v. 38, p. 211-222, 1977.
- HARALYI, N. L. E.; HASUY, Y. Compartimentação geotectônica do Brasil oriental com base na informação geofísica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., 1982. Salvador. *Anais...* Salvador: SBG, 1982. p. 374-385. v. 1.
- HARALYI, N. L. E. et al. *Ensaio sobre a estruturação crustal do estado de Minas Gerais com base na informação geofísica*. Belo Horizonte: SBG, 1985. p. 71-93 (Boletim Especial - volume Djalma Guimarães).
- HASUI, Y. et al. *Compartimentação estrutural e evolução tectônica do Estado de São Paulo (Pró - Minério)*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1989. (Relatório IPT, 27394).
- HODGSON, R. A. *Precision altimeter survey procedures*. Cottonwood: American Paulin System, 1989. 59 p.
- MALAGUTTI FILHO, W. et al. Gravimetria e compartimentação crustal do sul de Minas Gerais. *Geociências*, São Paulo, v. 15, p. 199-217, 1996. Número especial.
- MILANI, E. J. *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul - ocidental*. 1997. 2 v. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- MORALES, N. *Evolução tectônica do cinturão de cisalhamento Campo do Meio na sua porção ocidental*. 1993. 2 v. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1993.
- PROJETO RADAM BRASIL. *Levantamento de recursos minerais*. Folhas SF. 23/24. Rio de Janeiro; Vitória, 1983. 450 p. v. 32.
- SHERIFF, R. E. *Geophysical methods*. New Jersey: Prentice Hall, 1989. 605 p.
- SIMÕES, L. S. A. *Evolução tectonometamórfica da Nappe de Passos, sudoeste de Minas Gerais*. 1995. 149 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- TELFORD, W. M.; GELDART, L. P.; SHERIFF, R. E.; KEYS, D. A. *Applied geophysics*. Cambridge: Cambridge University, 1976. 860 p.
- THOMAS, M. D. et al. Gravity domains and assembly of the North American Continent by collisional tectonics. *Nature*, v. 331, p. 333-334, 1988.
- UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP. *Geologia das bacias dos rios Santa Barbara e Sapucaizinho, região de Franca e Patrocínio Paulista - SP*. 1994. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1994.
- UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP. *Mapeamento Geológico da bacia do Rio das Canoas, região nordeste do Estado de São Paulo*. 1998. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1998.
- ZALAN, P. V. et al. A divisão tripartite do siluriano da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 242-252, 1987.