

Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Gravimetria de Um Corpo Hipabissal Básico da Formação Serra Geral em Lomba Grande, RS

A.P. Viero, A. Roisenberg, F.H.S. Magro
Pesquisas em Geociências, 18 (2): 156-160, Set./Dez., 1991.

Versão online disponível em:
<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21354>

Publicado por
Instituto de Geociências



Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - Set./Dez., 1991.
Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Gravimetria de Um Corpo Hipabissal Básico da Formação Serra Geral em Lomba Grande, RS

A. P. VIERO, A. ROISENBERG E F. H. S. MAGRO

Instituto de Geociências, UFRGS, Caixa Postal 15.001, CEP 91500 Porto Alegre, RS, Brasil

(Recebido em 28/11/91. Aceito para publicação em 13/04/92)

Abstract — The magmatic fractionation processes in the evolution of intrusive bodies are influenced by many factors, as the thickness and the volume of the magmatic chamber, which can be estimated by the gravity interpretation. The Lomba Grande Basic Complex is intruded in the gondwanic sedimentary rocks of the Botucatú and Sanga do Cabral Formations. It consist of an olivine-gabro body that represents more than 95% of the complex volume, showing significant chemical and mineralogical variations. The gravimetric researches were made with the Worden Gravity Meter — The Master, model 111, and they identified in the main body an irregular form with maximum thickness of 450 meters. These results allow to infer that the differentiation observed in the Olivine-gabro is not originated from crystal settling. The suggested model corresponds to a convective fractionation generated from the migration of the less dense liquids towards the chamber top.

Resumo — A operacionalidade dos processos de fracionamento na evolução de corpos intrusivos é influenciada por vários fatores, dentre os quais a espessura e o volume da câmara magmática, que podem ser estimados através da gravimetria. O Complexo Básico de Lomba Grande, encaixado nos sedimentitos gonduânicos das Formações Sanga do Cabral e Botucatú, apresenta um corpo de olivina-gabro que perfaz mais de 95% do volume total do conjunto, mostrando variações químicas e mineralógicas significativas. Foram realizados estudos gravimétricos com aparelhagem Worden Gravity Meter — The Master, modelo 111, que identificam no corpo principal uma forma acanalada com espessura máxima da ordem de 450 metros. Estes resultados permitem inferir que o fracionamento observado no olivina-gabro não decorre de processos de assentamento gravitacional de cristais. O modelo sugerido corresponde a um fracionamento convectivo, originado pela migração de líquidos mais evoluídos e menos densos em direção ao topo da câmara.

IMPLICAÇÕES DO ESTUDO GRAVIMÉTRICO NA PETROLOGIA ÍGNEA

Os estudos gravimétricos são relegados a um segundo plano e a maioria dos trabalhos petrogenéticos em associações intrusivas deixam de levar em conta as informações dimensionais dos corpos em estudo, em particular a morfologia e o volume. Tais parâmetros possuem uma importância inequívoca no comportamento de uma massa magmática em resfriamento e, conseqüentemente, nos processos de fracionamento operantes.

Desta forma, o tratamento matemático dos processos de fracionamento (modelamento magmático) encontra maior subsídio, propiciando resultados mais próximos das soluções naturais.

Um exemplo evidente da necessidade da determinação morfológica pode ser traduzido em corpos de extensão significativa, onde a exequibilidade de processos magmáticos, tais como os movimentos convectivos por diferença de temperatura e o assentamento de cristais, é condicionada pela espessura do corpo intrusivo.

A determinação da morfologia de corpos intrusivos pode ser direta, através de sondagens estratigráficas, ou indireta, por métodos geofísicos. A escolha do método geofísico depende do contraste entre as rochas encaixantes e o corpo intrusivo, em propriedades como densidade, suscetibilidade magnética, condutividade elétrica, etc.

No caso específico da gravimetria, é determinante a existência de diferenças densimétricas capazes de produzir uma variação detectável na intensidade gravitacional, a qual possui relação direta com o volume do corpo.

METODOLOGIA DE TRABALHO

O levantamento gravimétrico desenvolvido na área do Complexo Básico de Lomba Grande foi executado com aparelhagem Worden Gravity Meter — The Master modelo 111 — e compreendeu a determinação do valor da aceleração da gravidade, para se conhecer a anomalia de Bouguer. Foram realizadas medidas em sessenta e um pontos distanciados de aproximadamente 500 metros entre si, ao longo de perfis N-S, que se estendem pelo menos 1.000 m sobre as encaixantes (Fig. 1).

Precedendo as leituras fez-se a amarração de uma estação base na área (ponto -2-3) com o RN 1788A do IBGE, uma estação gravimétrica fundamental do ON, localizado em frente à sede do DPREC, no cais do porto em Porto Alegre. Foram realizadas três medidas alternadas em cada ponto, cada qual com três leituras.

As coordenadas geográficas dos pontos foram extraídas de carta topográfica 1:10.0000, sendo as altitudes determinadas com altímetros Wallace & Tiernan, modelo n.º FA.181, com precisão e estimativa de 2,5 metros e 0,5 metros, respectivamente. Um equipamento permaneceu fixo num ponto de cota conhecida (estação base) onde tomaram-se leituras de 10 em 10 minutos, enquanto nos pontos de interesse foram efetuadas medidas com outros dois. A abertura e o fechamento de cada circuito (um dia) deu-se na estação base, o que permitiu a correção das variações barométricas diárias.

Em decorrência da precisão do altímetro utilizado, pode-se obter erros da ordem de 0,06 mgal e 0,15 mgal nas correções de Bouguer e de Faye, respectivamente, resultando em erros de até 0,21 mgal na anomalia

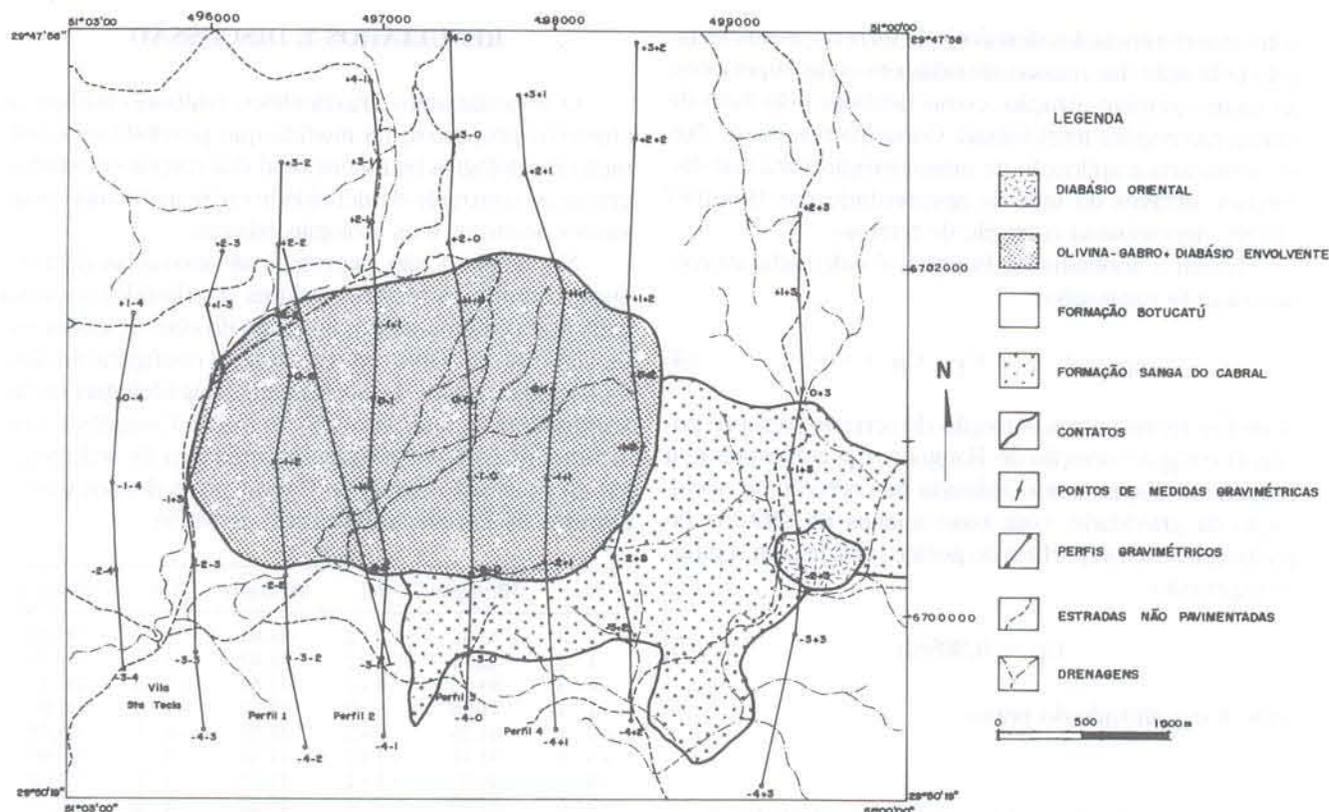


Figura 1 — Mapa geológico e de estações de medidas gravimétricas do Complexo Básico de Lomba Grande.

lia de Bouguer. Assim, como a diferença entre as anomalias de Bouguer observadas no corpo intrusivo e na encaixante é da ordem de 5 mgal, as espessuras calculadas podem conter erros próximos de 4,0% (~ 25 metros), o que não é significativo para a avaliação dos processos de fracionamento operantes na câmara magmática do Olivina-gabro.

No processamento dos dados de campo utilizou-se um pacote de programas de computador (Buch, 1987), com os quais calculou-se o valor da anomalia de Bouguer, corrigido, ainda, para as irregularidades topográficas do terreno (Hammer, 1939). Esta correção foi efetuada, considerando-se a influência das massas distribuídas em torno de cada estação, numa área com raio de três quilômetros. O modelamento morfológico do Olivina-gabro foi desenvolvido com o programa computacional GRAVPOLY (Reeves & Baranyi, 1982), que ajusta as anomalias de Bouguer de perfis calculados com as de perfis observados, em função da espessura do corpo e da diferença de densidade em relação à encaixante. O ajuste foi efetuado com o modelo de geometria $2\frac{1}{2} D$, considerando-se uma extensão de 3 km para o corpo em estudo, valor este obtido através dos dados de campo. O emprego do sistema SURFER (versão 3.0, 1987), permitiu, ainda, a representação espacial através de blocos-diagrama e a construção da planta de contorno das isoanômalas de Bouguer.

CONCEITOS BÁSICOS DA GRAVIMETRIA

Entende-se por terra normal como sendo o elipsóide

de de revolução, ao qual se atribui a mesma massa e a mesma velocidade de rotação da terra real. Deste modo, pode-se estabelecer uma expressão que calcule a gravidade teórica para uma Terra Normal, e para o elipsóide internacional 1967 tem-se:

$$\gamma = 978,0318(1 + 0,0053024\text{sen}^2\theta - 0,0000059\text{sen}^22\theta) \quad (1)$$

onde θ representa a latitude do lugar e γ a gravidade teórica normal em Gal.

A anomalia de gravidade corresponde ao escalar obtido a partir da seguinte expressão:

$$dg = g_p - \gamma_p' \quad (2)$$

onde g_p representa a gravidade medida e reduzida ao geóide e γ_p' a gravidade teórica do ponto p' sobre o elipsóide de referência.

A influência das massas situadas entre o nível do mar e o ponto de observação é estimada introduzindo a correção para a camada intermediária. Esta correção é calculada supondo que a ação das massas citadas equivale a uma camada horizontal que se estende em todas as direções até o infinito e de espessura igual à altitude do ponto observado. Na prática usa-se a seguinte correção:

$$C_B = 0,0419 \rho h \quad (3)$$

onde ρ representa a densidade das rochas da camada intermediária.

A aceleração da gravidade, numa estação qualquer,

sofre interferência dos desníveis do terreno, sendo reduzida pela ação das massas situadas em cotas superiores, as quais exercem atração, como também pela falta de massa nas regiões mais baixas. Conseqüentemente, faz-se necessária a aplicação de uma correção para tais distorções, através do método apresentado por Hammer (1939), denominada correção de terreno.

Assim a anomalia de Bouguer é calculada através da seguinte expressão:

$$g_B = g \cdot \gamma + C_F - C_B + C_T \quad (4)$$

onde C_T representa a correção do terreno (sempre positiva) e C_B a correção de Bouguer. C_F corresponde à redução de Faye, sendo aplicada na correção da aceleração da gravidade, com base apenas na altitude do ponto relativa à superfície do geóide, obtida pela seguinte expressão:

$$C_F = 0,3086h \quad (5)$$

onde h é a altitude do ponto.

ASPECTOS GEOLÓGICOS DO COMPLEXO BÁSICO DE LOMBA GRANDE, RS

O Complexo Básico de Lomba Grande localiza-se no município de Gravataí, RS (Fig. 1) e, conforme sugere a própria denominação, constitui-se de diversas unidades básicas de idade jurássica, intrudidas nos arenitos eólicos da Formação Botucatu e nos sedimentitos da Formação Sanga do Cabral (arenitos com intercalações de siltitos argilosos).

A massa dominante do Complexo, perfazendo aproximadamente 95% do volume total, está representada por um gabro de textura grosseira e densidade média de $3,1\text{g/cm}^3$, contendo até 36% de olivina. Nos flancos Oeste e Noroeste aparece encapsulado por dois diabásios afaníticos, com rara olivina e marcado desenvolvimento de zonas brechóides e amigdalares em alguns setores (Viero, 1991). A Leste do corpo principal, distando aproximadamente 500 metros, ocorre uma pequena intrusão circular de diabásio fanerítico médio, com até 7% de fenocristais de olivina, sendo informalmente denominada de Diabásio Oriental.

Os dados químicos e petrográficos evidenciam a ocorrência de diferenciação magmática no corpo intrusivo, relacionada à processos de fracionamento convectivo que decorre da migração de líquidos menos densos em direção ao topo da câmara, gerados pela cristalização inicial da olivina ao longo das paredes (Viero, 1991). Subseqüentemente, com a cristalização do plagioclásio, o líquido residual torna-se mais denso que o líquido original e, em conseqüência, passa a mover-se para a base da câmara. Este conjunto de processos leva ao aumento nos teores de Mg, Cr, Ni e Co em direção às posições de menor cota, conforme verificado pelo autor supracitado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento gravimétrico realizado atingiu os objetivos propostos, na medida que possibilitou a definição morfológica tridimensional dos corpos estudados, graças ao contraste de densidade entre as rochas encaixantes arenosas e as litologias básicas.

Na Tabela 1 são expressas as anomalias de Bouguer, estando os maiores valores distribuídos na zona central do Olivina-gabro, ao longo do eixo de maior extensão (Fig. 2). Observa-se, ainda, a configuração assimétrica das curvas de isoanomalias nas litologias encaixantes, com as mais elevadas ao Sul do Complexo, provavelmente em decorrência da presença de sedimentitos da Formação Sanga do Cabral, mais densos que os arenitos da Formação Botucatu, ao Norte.

Est	AB(mgal)	Est	AB(mgal)	Est	AB(mgal)
-2 - 3	-32,42	+3 - 2	-35,82	0 - 4	-35,29
-1 - 3	-32,11	-4 + 2	-31,83	+1 - 4	-34,53
0 - 3	-33,06	-3 + 2	-31,82	+1 - 3	-34,17
+1 - 1	-34,96	-1 + 2	-32,50	+2 - 3	-35,65
+2 - 1	-34,25	0 + 2	-33,27	+1 - 1	-30,54
+3 - 1	-34,41	+1 + 2	-34,40	0 - 1	-29,00
+4 - 1	-35,25	+1 + 1	-32,71	-1 - 1	-28,52
+2 - 0	-33,39	-3 - 4	-32,12	-1 - 2	-31,73
+3 - 0	-34,11	-2 - 4	-32,47	-3 - 1	-33,11
+2 - 0	-34,50	-1 - 2	-27,95	-4 - 1	-33,04
+1 - 0	-33,61	+2 + 2	-34,15	-2 + 2	-35,12
0 - 0	-28,19	+3 + 2	-34,15	-2 + 1	-33,27
-1 - 0	-30,63	+4 + 2	-34,06	-4 - 3	-32,64
-2 - 0	-33,21	+2 + 3	-34,13	-3 - 3	-32,17
-3 - 0	-33,59	+1 + 3	-34,39	-4 + 1	-33,81
-4 - 0	-33,77	0 + 3	-32,98	-1 + 1	-30,30
-4 - 2	-32,64	-1 + 3	-32,07	0 + 1	-29,40
-3 - 2	-32,44	-2 + 3	-32,41	+2 + 1	-33,79
-2 - 2	-31,74	-3 + 3	-32,46	+3 + 1	-34,58
0 - 2	-29,71	-4 + 3	-30,93		
-2 + 2	-35,75	-4 - 1	-35,76		

Tabela 1 — Valores das anomalias de Bouguer. Estações localizadas na Figura 1.

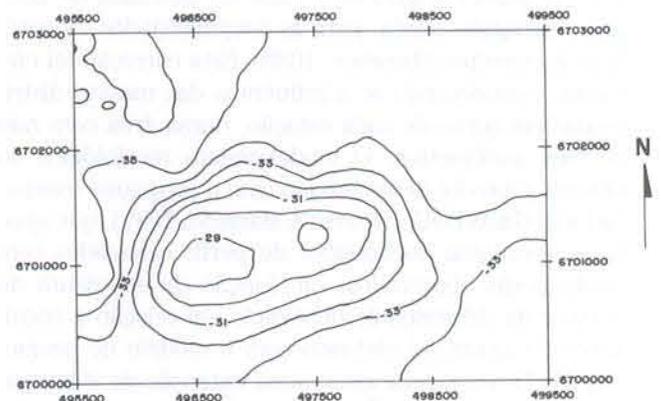


Figura 2 — Mapa de isoanômalas de Bouguer no Complexo Básico de Lomba Grande.

O ajuste das anomalias de Bouguer foi executado em vários perfis (Fig. 1), em função da espessura do corpo intrusivo e da diferença da densidade com relação à encaixante. As medidas densimétricas foram realizadas com balança hidrostática (precisão de 0,01 g) e apontam no gabro e nos arenitos valores da ordem de

3,1 g/cm³ e 2,3-2,4 g/cm³, respectivamente, o que permite determinar uma espessura máxima de 450 metros (Tab. 2). Os valores calculados e observados das anomalias de Bouguer mostram uma boa concordância, sendo as diferenças pouco significativas (Fig. 3).

Perfil 1			Perfil 2		
N	E	Z(m)	N	E	Z(m)
6700350	496422	305	6700390	496990	245
6700950	496360	385	6700855	496910	400
6701429	496451	330	6701300	496935	280
6701650	496451	135	6701675	496950	160
			6701900	496950	85

Perfil 3			Perfil 4		
N	E	Z(m)	N	E	Z(m)
6700315	497505	110	6700395	497920	70
6700740	497495	183	6700910	497930	180
6701300	497500	440	6701348	497960	330
6701825	497430	70	6701795	498030	70
			6701900	498030	60

Tabela 2 — Espessuras calculadas para o Olivina-gabro com diferença de densidade em relação às encaixantes de 0,70 g/cm³. N e E = coordenadas UTM em metros. Z = Espessura em metros.

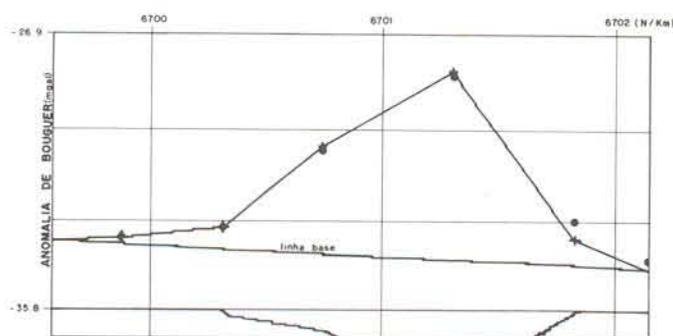


Figura 3 — Representação gráfica comparativa das anomalias de Bouguer observadas no perfil nº 3 (cruzes) e calculadas (círculos cheios) pelo ajuste com o programa GRAVPOLY.

Sobre o Diabásio Oriental não se constata alterações na intensidade da anomalia de Bouguer com relação ao pacote sedimentar encaixante. E, como a diferença densimétrica entre ambos é significativa (na ordem de 0,6 g/cm³), isto implica na pequena espessura da intrusão, de tal modo que o volume de massa seja insuficiente para acarretar um acréscimo detectável na aceleração da gravidade.

A análise integrada dos perfis que cobrem o Olivina-gabro permitiu a construção de blocos-diagrama que representam a sua forma atual, através da projeção em três dimensões da superfície basal (Fig. 4).

Os resultados da modelagem revelam uma forma acanalada, estando a porção mais profunda situada ao longo do eixo maior na zona central do corpo, possivelmente coincidindo com o conduto alimentador da câmara magmática.

A partir do cálculo da área nos perfis 1 a 4 (Fig. 1), determinou-se através do método dos perfis paralelos que o volume mínimo do corpo intrusivo é de aproximadamente 0,47 km³.

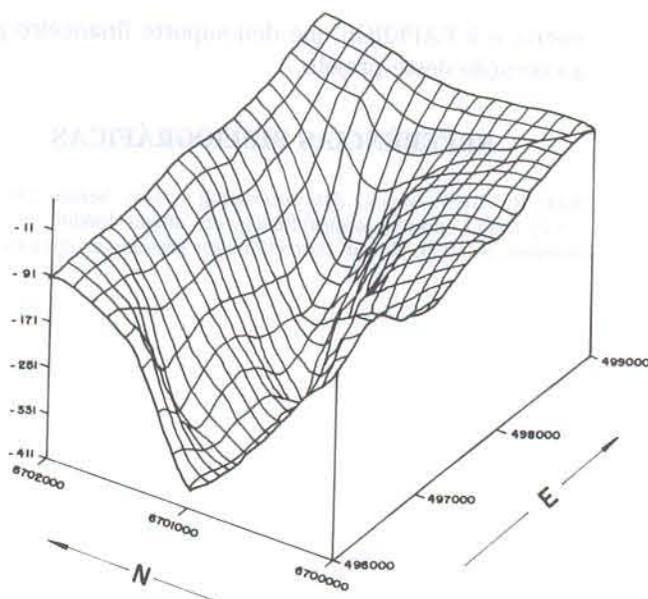


Figura 4 — Representação tridimensional da superfície basal do Olivina-gabro.

CONCLUSÕES

Os estudos gravimétricos realizados no Complexo Básico de Lomba Grande, RS, permitiram estabelecer que a intrusão principal, representada pelo Olivina-gabro, apresenta uma forma irregular com secção transversal acanalada. As maiores espessuras localizam-se ao longo do eixo maior, onde atingem até 450 metros, enquanto nos flancos são inferiores a 100 metros, estimando-se que o volume mínimo é da ordem de 0,47 km³. Não foi detectada a presença de uma raiz alimentadora, o que pode indicar que o conduto é de dimensões reduzidas.

A resolução dos dados gravimétricos foi favorecida pelo significativo contraste de densidade entre as rochas sedimentares encaixantes e as litologias do corpo ígneo básico, que equivale a valores da ordem de 0,70 g/cm³.

O dimensionamento dos parâmetros morfológicos do complexo intrusivo, em particular a espessura, permite estabelecer que o fracionamento magmático decorrente do assentamento de cristais ou de movimentos convectivos termais é inoperante. O primeiro processo é inibido pela espessura reduzida, aliada ao nível crustal raso da intrusão, o que induz a um relativamente rápido arrefecimento e aumento da viscosidade do líquido magmático. Os movimentos de convecção termal, por outro lado, só são efetivos em câmaras magmáticas com espessura superior a um quilômetro, conforme modelos teóricos (Turner & Campbell, 1986).

Agradecimentos — Os autores agradecem ao Professor Antonio Flávio Uberti Costa pelas críticas e sugestões, à PETROBRÁS, nas pessoas dos Geólogos Celso Fernando Luchesi e Marcopolo da Boa Hora e do Técnico Sérgio Quintão, pela concessão e operação do graví-

metro, e à FAPERGS que deu suporte financeiro para a execução deste projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Buch, R.J. 1987. *Gravity data processing system*. Versão 2.0. Gravity Data Center Geological Survey of Canadá. Inédito.
 Hammer, S. 1939. Terrain corrections for gravimeter stations. *Geophysics*, **9**: 184-194.

Reeves, C.V. & Baranay, E. 1984. *Program Gravpoly* — versão 2.11. Inédito.
 Surfer (versão 3.0). 1987. *Golden Software*, Col., USA. Inédito.
 Turner, J.S. & Campbell, I.H. 1986. Convection and mixing in magma chambers. *Earth and Science Review*, **23**: 255-352.
 Viero, A.P. 1991. *Petrologia e Geoquímica do Complexo Básico de Lomba Grande, RS*. Curso de Pós-Graduação em Geociências. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado. 176 p.



Figura 1 — Modelo topográfico utilizado para correção de anomalias gravimétricas.

As anomalias gravimétricas são produzidas por variações locais de densidade, de espessura e de geometria das camadas litológicas. A interpretação das anomalias gravimétricas requer a eliminação dos efeitos da topografia e da distribuição lateral da densidade. Para isso, são utilizadas as correções de Bouguer e de topografia.

A correção de Bouguer consiste em remover o efeito da gravidade exercida pela massa de rocha entre o ponto de medição e o nível do mar. A correção de topografia consiste em remover o efeito da gravidade exercida pela massa de rocha acima do ponto de medição.

Para a obtenção das anomalias gravimétricas corrigidas, é necessário aplicar as correções de Bouguer e de topografia às anomalias gravimétricas brutas. A correção de Bouguer é aplicada através da equação: $\Delta g_B = 2\pi G \rho h$, onde Δg_B é a correção de Bouguer, G é a constante gravitacional, ρ é a densidade da rocha e h é a espessura da camada de rocha. A correção de topografia é aplicada através da equação: $\Delta g_T = \frac{GM}{r^2} - \frac{GM_0}{R^2}$, onde Δg_T é a correção de topografia, G é a constante gravitacional, M é a massa da rocha acima do ponto de medição, r é a distância entre o ponto de medição e o centro da Terra e R é o raio da Terra.

Agradecimentos — Os autores agradam ao Dr. Roberto de Souza Filho, do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por sua orientação e auxílio durante a elaboração deste trabalho.

Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Gravidade (m/s²)
01	31° 45' S	51° 30' W	150	9,785
02	31° 45' S	51° 35' W	150	9,785
03	31° 45' S	51° 40' W	150	9,785
04	31° 45' S	51° 45' W	150	9,785
05	31° 45' S	51° 50' W	150	9,785
06	31° 45' S	51° 55' W	150	9,785
07	31° 45' S	52° 00' W	150	9,785
08	31° 45' S	52° 05' W	150	9,785
09	31° 45' S	52° 10' W	150	9,785
10	31° 45' S	52° 15' W	150	9,785

Figura 2 — Anomalias gravimétricas corrigidas das estações gravimétricas.



Figura 3 — Perfil de anomalias gravimétricas corrigidas ao longo da linha de perfil.

As anomalias gravimétricas corrigidas são utilizadas para a interpretação das estruturas geológicas. A interpretação das anomalias gravimétricas corrigidas requer a eliminação dos efeitos da topografia e da distribuição lateral da densidade. Para isso, são utilizadas as correções de Bouguer e de topografia.

Para a obtenção das anomalias gravimétricas corrigidas, é necessário aplicar as correções de Bouguer e de topografia às anomalias gravimétricas brutas. A correção de Bouguer é aplicada através da equação: $\Delta g_B = 2\pi G \rho h$, onde Δg_B é a correção de Bouguer, G é a constante gravitacional, ρ é a densidade da rocha e h é a espessura da camada de rocha. A correção de topografia é aplicada através da equação: $\Delta g_T = \frac{GM}{r^2} - \frac{GM_0}{R^2}$, onde Δg_T é a correção de topografia, G é a constante gravitacional, M é a massa da rocha acima do ponto de medição, r é a distância entre o ponto de medição e o centro da Terra e R é o raio da Terra.