

Tectonismo e ação da isostasia na estruturação do Arquipélago dos Açores

Cleiton Clebson Amaro da Silva, UFPE, Brasil Authors,
 Joaquim Alves da Motta UFPE, Brasil
 Luciana Freitas de Oliveira França, UFPE, Brasil
 Edlene Pereira da Silva, UFPE, Brasil

Copyright 2009, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, August 24-28, 2009.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

Estudos anteriores realizados nesta região, reconheceram, com base na geofísica, padrões de anomalias que estão associadas a estruturação da Placa dos Açores com contribuição notadamente isostática. O trabalho visou estudar e quando necessário, propor modelos que satisfizessem a história evolutiva do arquipélago dos Açores dentro do contexto da influência dos movimentos isostáticos. Assim, considerando os resultados obtidos, propor um modelo crustal para a área da Microplaca de Açores.

O arquipélago é formado por nove ilhas e várias ilhotas de origem vulcânica, que emergem de uma zona pouco profunda e com topografia bastante acidentada. O Mapa de Anomalia Bouguer foi obtido a partir da anomalia Ar livre de dados provenientes de altimetria obtida por satélite, o qual mostra grande consistência nos longos comprimentos de onda, ao compararmos com os dados obtidos diretamente na superfície medida (Mishra et al., 2004). Segundo Yale (1998) os dados de gravidade por satélite não possuem boa qualidade com comprimento de onda menor que 24 km. Como conclusão achamos que -As anomalias presentes no mapa Bouguer da Microplaca de Açores são de origem profunda e é correlacionada principalmente às variações da profundidade e da densidade da Raiz (Moho), além da presença de expressivos limites tectônicos. -As baixas anomalias no mapa Bouguer em cima da dorsal Meso-Atlântica, correspondem a raiz das montanhas da dorsal e material em fusão no manto.

- A profundidade de Moho média para Moho é de aprox. 7.700m e da crosta de aprox. 5.700m. Para o platô de Açores observou-se uma espessura média de 9000m podendo atingir até 12.000m nas grandes montanhas.

Introdução

O Mapa de Anomalia Bouguer foi obtido a partir da anomalia Ar livre de dados provenientes de altimetria obtida por satélite, o qual mostra grande consistência nos longos comprimentos de onda, ao compararmos com os dados obtidos diretamente na superfície medida (Mishra et al., 2004). Segundo Yale (1998) os dados de gravidade

por satélite não possuem boa qualidade com comprimento de onda menor que 24 km.

No Oceano Atlântico Norte, o arquipélago de Açores se estende da parte ocidental para a oriental da Dorsal Meso-Atlântica (DMA) (Hildenbrand et al., 2008), entre as latitudes 37° e 40° N e longitude 25° e 31° O, na junta tríplice com as placas Norte Americana, Euroasiática e Africana (Fig. 1).



Fig. 1 - Limites tectônicos da Microplaca de Açores e ilhas do Arquipélago. Fonte: Forjaz, 1998

O arquipélago é formado por nove ilhas e várias ilhotas de origem vulcânica, que emergem de uma zona pouco profunda e com topografia bastante acidentada, o chamado Platô de Açores (Needham & Francheteau 1974). O platô tem uma forma aproximadamente triangular (Fig. 2) e é definida por uma linha batimétrica de 2000m, que coincide com a área da microplaca (Camacho et al., 2007)

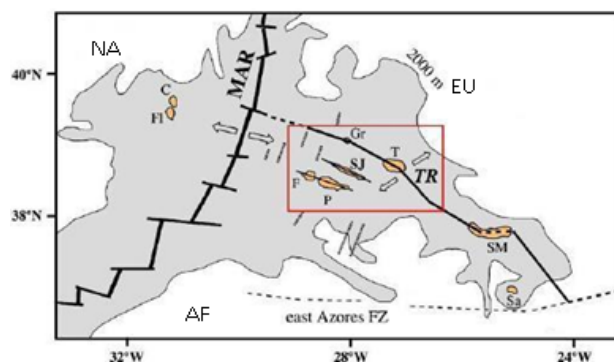


Fig. 2 - Platô de Açores. Placa: NA-Norte Americana; EU-Euroasiática; AF-Africana. Ilhas: C-Corvo; FI-Flores; Gr-Graciosa; SJ-São Jorge; F-Faial; P-Pico; T-Terceira; SM-São Miguel; Sa-Santa Maria. MAR: Borda Meso-

Atlântica. TR: Borda de Terceira. (Adaptado de Hildenbrand et al., 2008)

A microplaca é limitada pela Dorsal Meso-Atlântica (DMA), o Rift de Terceira e a Zona de Fratura Leste de Açores, sendo caracterizado por um vulcanismo recente e alta sismicidade (Camacho et al., 2007 apud Searle 1980; Luís et al. 1994; Lourenço et al. 1998; Luís et al. 1998). A gênese do magma que edificou as ilhas esta relacionada à fonte mantélica, provavelmente uma pluma (Hildenbrand et al., 2008 apud Schilling, 1975; Flower et al., 1976; White et al., 1976, 1979; Davies et al., 1989; Windom and Shirey, 1996; Turner et al., 1997; Moreira et al., 1999 a.; Bourdon et al., 2005; Madureira et al., 2005 Silverira et al. 2006; Yang et al., 2006). As ilhas são alinhadas ao longo de grandes lineamentos com trend de WNW-ESSE, sofrendo grande influência tectônica regional.

O trabalho visa estudar e quando necessário, propor modelos que satisfaçam a história evolutiva do arquipélago dos Açores dentro do contexto da influência dos movimentos isostáticos. Assim, considerando os resultados obtidos, propor um modelo crustal para a área da Microplaca de Açores.

Metodologia

Os dados utilizados para a região do arquipélago de Açores são derivados de altimetria por satélite, dados estes de gravimetria ar-livre estimada e predita por Sandewell & Smith (1997) e batimetria/topografia por Smith & Sandwell e Smith (1997). Desse modo a anomalia gravimétrica de ar-livre foi transformada para anomalia Bouguer adotando uma densidade de $2,67 \text{ g/cm}^3$. Foi utilizado o filtro passa baixa com 24km de comprimento de onda, a fim de eliminar os sinais com comprimento menor que este valor.

Usando o programa Oásis Montaj versão 7.0.1, da Geosoft, os dados foram integrados, a partir dos quais foram produziram os seguintes mapas: batimetria/topografia; anomalia Bouguer, Isostático Regional (ISOREG) e Isostático Residual (ISORES).

Para o cálculo da ISOREG e ISORES foram adotados 2.7 g/cm^3 e 3.3 g/cm^3 para o efeito dos contrastes de densidade da interface, respectivamente para água/crosta e crosta/manto e a profundidade para Moho de 11 km em média (Luís et al., 1999).

No modelo 3-D foi usada a densidade variando verticalmente: acima de 0 à $-2000 = 2,3 \text{ g/cm}^3$ (Camacho et al. 2007 apud Motta & Nunes 2003; Montesinos et al. 2003; Nunes et al. 2006) e -2000 até $-20000 = 2.7 \text{ g/cm}^3$. A fim de inferir no modelo a variação crustal em função também da variação vertical de densidade. Quanto as profundidades, visou pronunciar a diferença de densidade no platô, crosta oceânica e manto, assim como também o efeito da raiz do platô no manto.

Estes valores de profundidade foram considerados consoante análise batimétrica. Assim a 2000m seria o limite superior do platô e conseqüentemente a base dos cones vulcânicos das ilhas. Abaixo seria a região do platô limitada a cota de até aprox. 4000m com a bacia

oceânica. Esta foi identificada como crosta oceânica e iria limitar-se com Moho, que esta a aprox. 11km.

O Mapa Isostático Regional (ISOREG) e o Mapa Isostático Residual (ISORES) mostram a distribuição das densidades da crosta inferior, suas informações e a conseqüente interpretação delas, é fundamental para produção de um modelo aceitável, ela é baseada no modelo de isostasia de Airy. O modelo 3-D ilustra as interpretações realizadas nos mapas, sobre distribuição de massas e espessura crustal.

O mapa Residual Isostático apresenta os valores em mGal da compensação de massa local e se assemelha bastante ao modelo do embasamento. Isto significa que as principais fontes geradoras estão em pequena profundidade. Em contrapartida, O mapa Regional Isostático apresenta os valores em mGal da compensação de massa regional e se assemelha bastante ao modelo do limite crosta manto.

Interpretação dos Dados

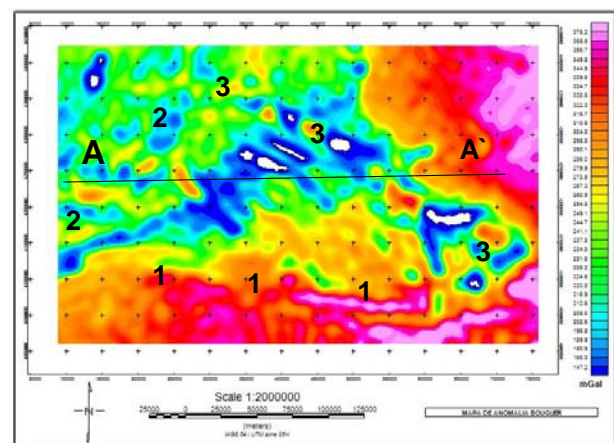


Fig. 3 - Mapa de anomalia Bouguer da Microplaca de Açores

Devido à ambigüidade do método gravimétrico, mas principalmente devido à origem dos dados, correlacionamos primeiramente as anomalias no mapa Bouguer (Fig. 3), como sendo causada pela variação de Moho. É notada no Mapa de anomalia Bouguer (Fig.3) a forma aproximadamente triangular da anomalia em destaque de preto, que é atribuída aqui ao platô de Açores (fig. 2), onde os valores de anomalia Bouguer variam entre 213mGal a 250mGal.

O perfil A-A' delineado sobre o Mapa de Anomalia Bouguer (Fig. 3), mostra a variação de Bouguer de 290 a 375mGal na bacia a NO do Platô até a cadeia Meso-Atlântica com valor de 140 a 250mGal, passando pelo Platô de Açores com valor de 210 a 250mGal. Comparando com o perfil sobre o perfil 1-1', este traçado sobre o modelo 3-D (mapa de batimetria e da profundidade de Moho) e coincidente ao perfil A-A', observa-se a diminuição de Bouguer com o aumento da profundidade de Moho. Confirmando o fato de que, para o caso estudado, podemos interpretar os valores do

mapa Bouguer variam principalmente em função da espessura crustal.

O ponto 1 da figura 3 é observado a presença de um dos maiores valores de anomalia Bouguer que varia de 350mGal a 375mGal, estes estão ligados a zona de Cisalhamento Leste de Açores, zona de falha dextral, a qual representa o limite sul da microplaca de Açores. Estas anomalias estão relacionadas à presença de rochas mais densas da zona de cisalhamento.

No ponto 2 do mapa Bouguer com valores de 192mGal a 274mGal está sob a dorsal meso-atlântica, caracterizada pela presença de pequenas anomalias negativas, é possível ainda observar a mudança no trend de N-S para NE-SO da dorsal. Segundo Hall et. al. (1986) em dorsais com baixo valor de expansão, como é o caso da dorsal Meso-Atlântica na parte de Açores, as anomalias ar-livre são, geralmente, de pequena amplitude e baixo valor, com comprimento de onda de 40km a 60km, sendo rodeadas por pequenas anomalias com valores altos. Este autor aponta quatro condições geológicas que influenciam a amplitude e o comprimento de onda das anomalias gravimétricas: a topografia da dorsal, o nível crustal das câmaras magmáticas, a configuração da isoterma sobre a crista e a baixa densidade do material do manto abaixo da borda, matéria parcialmente gabroítica (gabbroic). No ISORES (Fig.4a) aparece como pequenas anomalias negativas no manto que aqui foi relacionada a raiz das montanhas da dorsal e material em fusão.

O rift de Terceira é uma seqüência de bacias e ilhas (Luis et al. 1999). Segundo Luis et al. (1999), a gravimetria não evidencia a existência de uma borda de expansão no Rift de Terceira. Identificamos os limites como uma seqüência de altos e baixos gravimétricos, ponto 3 na figura 3.

No Mapa isostático Residual - ISORES (Fig. 4.a), podemos interpretar que as anomalias presentes são causadas por feições topográficas de caráter local. Sendo possível individualizar duas áreas:

-área A: na análise do caso estudado teria suas anomalias causadas pelo efeito das ilhas oceânicas, cadeias submarinas presentes no platô, sendo identificado no mapa ISORES pelas regiões azul a qual foi correlacionada a projeção da raiz dos corpo no manto, que faz aumentar a espessura crustal;

-área B: com as anomalias causadas área da Bacia oceânica ocorre uma gradual variação das anomalias em direção ao platô, enquanto que na área A existe uma pronunciada diferença entre as densidades da crosta inferior, devido, em uma primeira aproximação, aos médios compartimentos topográficos do fundo oceânico, na B observa-se que a pouca variação de topografia e conseqüente pouca variação da profundidade da raiz.

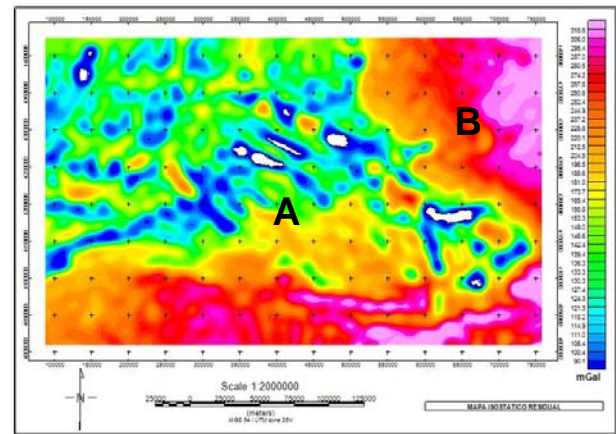


Fig. 4a - Mapa Isostático Residual da Placa de Açores

No mapa ISOREG observa-se três zonas (Fig. 4b) individualizadas. A zona 1 da Bacia sedimentar São Jorge, a zona 2 o platô de Açores e a 3 a região central do Arquipélago onde estão concentrada as Ilha de S. Jorge, Picos e Terceira.

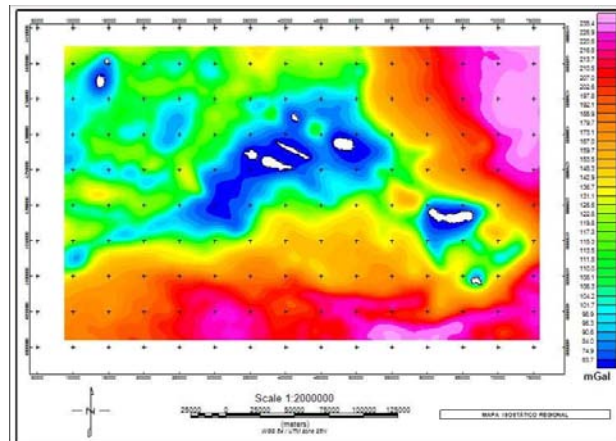


Fig. 4b - Mapa Isostático Regional da Placa de Açores

Modelo 3-D

A partir das interpretações dos mapas de anomalia Bouguer, Batimetria/topografia, profundidade de Moho, ISOREG e ISORES foi possível determinar os principais parâmetros para construção de um modelo 3-D representando a distribuição de massas e espessura crustal.

No modelo 3D (Fig. 5) observa-se a topografia (1, em vermelho), com cota média de -2250m e Moho com média de -7700m (2, em amarelo). O modelo procura evidenciar o processo de flexura da crosta nas regiões de maior cota altimétrica. Detalha-se o modelo para mostrar o processo na as ilhas centrais do Arquipélago de Açores, ao Platô de Açores (Fig.7a) e a Dorsal Meso-Atlântica (Fig. 7b). Foi ainda traçado um perfil cortando o modelo, que objetiva mostrar a variação da densidade e a relação batimetria/ topografia e profundidade de Moho (Fig. 6).

A profundidade média de Moho em relação ao nível do mar para o modelo é de ~ 7.700m, a espessura média da

crosta de ~ 5700m. No perfil traçado sobre o modelo 3-D (Fig. 6), obtemos ~6400m para a bacia o aumento para 9.000m no platô, chegando a ~12.000 na cadeia adjacente a ilha de Terceira, na zona da Dorsal Meso-Atlântica a espessura é de 4.600m, ilustrando a subida do manto devido ao afastamento das placas.

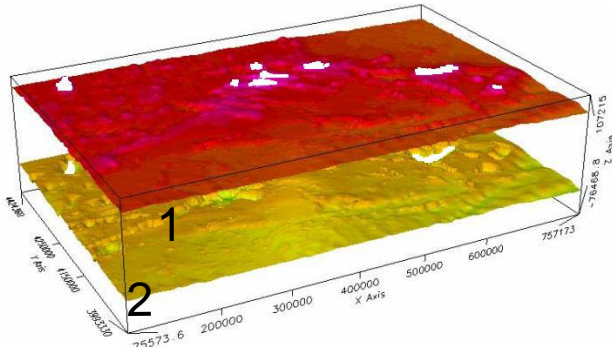


Fig. 5 - Modelo 3-D, 1- Topografia e 2- Superfície de Moho.

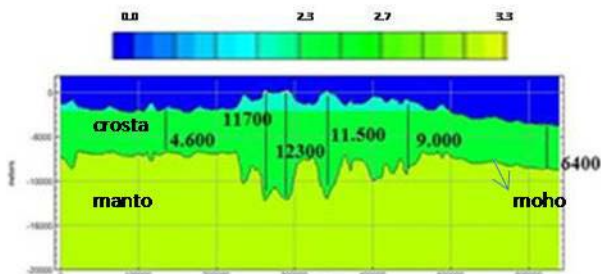


Fig. 6 - Perfil 1-1', sobre o modelo 3-D, coincidente ao perfil A-A' da Fig.3.

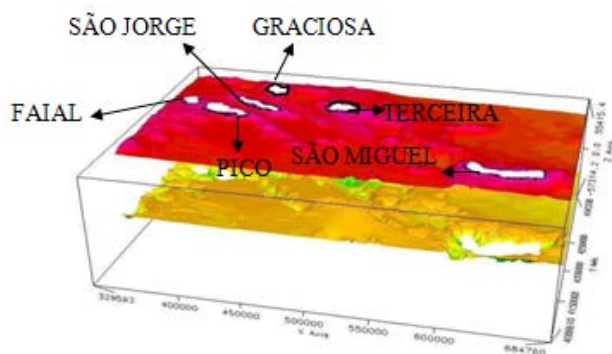


Figura 7(a) - detalhe do modelo 3-D nas ilhas centrais e platô e região

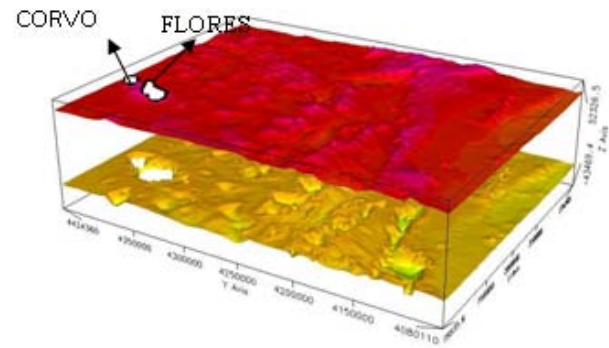


Figura 7(b) - Detalhe do modelo 3-D na dorsal.

Conclusões

-As anomalias presentes no mapa Bouguer da Microplaca de Açores são de origem profunda e é correlacionada principalmente às variações da profundidade e da densidade da Raiz (Moho), além da presença de expressivos limites tectônicos.

-As baixas anomalias no mapa Bouguer em cima da dorsal Meso-Atlântica, correspondem a raiz das montanhas da dorsal e material em fusão no manto.

- A profundidade de Moho média para o platô de Açores observou-se uma espessura média de 9000m podendo atingir até 12.000m nas grandes montanhas submarinas.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Geofísica Aplicada do Departamento de Geologia – Centro de Tecnologia – UFPE pelo apoio laboratorial.

Referências

- Camacho, A. G., Nunes, J. C., Ortiz, E., França, Z. & Viera, R., 2007. Gravimetric determination of an intrusive complex under the Island of Faial (Azores): some methodological improvements. *Geophys. J. Int.* (2007), doi: 10.1111/j.1365-246X.2007.03539.x
- Forjaz, H.V. Serralheiro, A. Nunes, J.C., 1990. Carta Vulcanológica dos Açores (Grupo Central).
- Hall, A., Casey, J. & Elthon, D., 1986, A possible explanation of gravity anomalies over mid-ocean ridges. *J. Geophys. Res.* 91, 3724-3738
- Hildenbrand, A., Madureira, P., Marques, F.O., Cruz, I. Henry, B. & Silva, P., 2008. Multi-stage evolution of a sub-aerial volcanic ridge over the last 1,3 Myr: S. Jorge Island, Azores Triple Junction., *Earth Planet. Sci. Lett.* (2008), doi:10.1016/j.epst.2008.06.041.
- Luis, J. F., Miranda, J.M., Galdeno, A. & Patriat, P., 1999. Constraints on the structure of the Azores spreading center from gravity data. *Marine Geophys. Res.*, 20, 157-170.
- Mishra, D. C., Arora, K. & Tiwari V.M., 2004. Gravity anomalies and associated tectonic feature over the Indian

Peninsular Shield and adjoining ocean basins.
Tectonophysics, 379, 61-76.

Needham, H.D. & Francheteau, J., 1974. Some characteristics of the rift valley in the Atlantic Ocean near 36° 48' North, Earth Planet. Sci. Lett.,22, 29-43.

Sandwell, D. T. & Smith W. H.F., 1997. Marine gravity anomaly from Geosat and ERS 1 satellite altimetry. J. Geophys. Res.,102, 10039-10054, 1997

Smith, W. H. F. & Sandwell, D. T.,1997. Global sea-floor topography from satellite altimetry and ship depth soundings. Science, 277,1956-1962.

Yale, M., Sandwell, D.T. & Herring A., 1998. What are the limitations of Satellite Altimetry?, The Leading Edge, 17, 73-76.