

DETERMINAÇÃO DO EMBASAMENTO DA MARGEM ATIVA DA REGIÃO ANTÁRTICA PELA INTEGRAÇÃO DE INFORMAÇÕES PROVENIENTES DA SÍSMICA MULTICANAL E DA MAGNETOMETRIA.

Luiz Carlos Torres⁽¹⁾, Benedito Souza Gomes⁽²⁾, Luiz Antonio P. Gamboa⁽³⁾

1-Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN)

2-Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS)

3- Universidade Federal Fluminense (UFF)

Abstract

Geophysical measurements were carried out in the Western Margin of the Antarctic Peninsula and Bransfield Strait by the Brazilian Antarctic Program during the summers of 1987 and 1988. The present work, using a continued seismic multi channel and magnetometry data profile crossing the area, intends to present a two-dimensional model of the interface sediment/basement and contribute to the understanding of the complex geology verified in the studying area. By this model, the main provinces of the area (Deep Ocean, South Shetland Trench, Accretionary Prism, Volcanic Arc South Shetland Islands and Bransfield Basin) could be determined. The seismic and magnetic measurements information when superposed can attribute more consistencies to the interpreted basement; although each method has its particular resolution. This way, when the seismic interpretation was not possible due to complex structures disposition, magnetic measurements could offer good estimation about basement depth. The fit between both methods (seismic and magnetic measurements) was reasonable both on the oceanic basin and in the region of Bransfield Strait. The magnetometry, as well as seismic, was sensible to the dip of Drake Plate at South Shetland Trench and the intrusive occurrence at Bransfield Basin axis.

INTRODUÇÃO

O propósito do trabalho consistiu em integrar as informações da sísmica multicanal e da magnetometria a fim apresentar um modelo bidimensional no qual estivesse mapeado a interface sedimento/embasamento de modo a contribuir para o entendimento da estrutura crustal sob o perfil analisado. A região

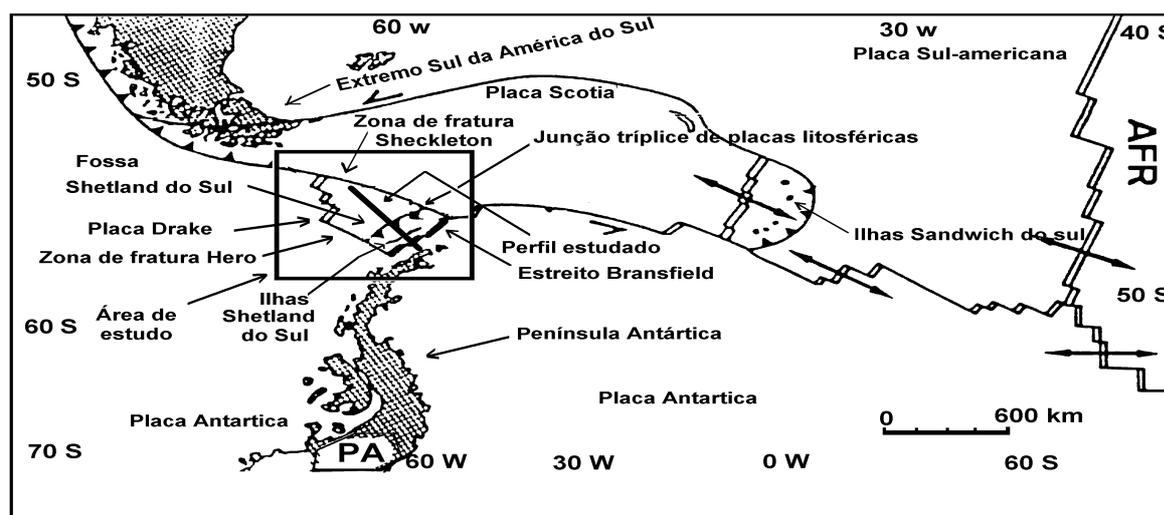


Figura 1 - Mapa Tectônico apresentando os limites de placas. A área de estudo encontra-se inscrita no box apresentando o perfil geofísico analisado em destaque. Observar que o mesmo parte de mar profundo, cortando transversalmente a fossa oceânica, o arco de ilhas e a bacia back-arc. (Modificado de British Antarctic Survey 1985, in Maldonado et al., 1992).

de estudo reveste-se de características tectônicas de elevada complexidade, na qual praticamente todos os elementos componentes da dinâmica crustal encontram-se registrados (Barker, 1982; Gamboa & Maldonado, 1989; Garrett, 1990 e Maldonado et al., 1992). O sistema de arco de ilha e fossa pode ser identificado nas ilhas Shetland do Sul, com sua

respectiva fossa, representando o limite entre as placas litosféricas Antártica e Drake, no qual esta é subductada sob aquela (Maldonado *et al.*, 1992). A parte central das ilhas Shetland do Sul é composta principalmente por rochas vulcânicas e plutônicas de afinidade calco-alcalina, constituindo parte de um arco magmático, de idade variando do Cretáceo ao Terciário médio (Garrett, 1990 e Jonhson, 1996). Entre as ilhas Shetland do Sul e o continente, situa-se a bacia retroarco Bransfield, delimitada pelas zonas de fratura Sheckleton e Hero a leste e oeste, respectivamente. As ilhas Deception, Pinguim e Bridgeman, constituídas por rochas vulcânicas com características oceânicas, representam locais onde ocorre o afloramento do eixo de espalhamento da bacia Bransfield (Gamboa & Maldonado, 1989; González-Ferrán, 1991). Uma série de colisões entre eixo de espalhamento de cadeia oceânica e zona de subducção ocorreram nas margens do Pacífico antes mesmo da ruptura do Gondwana até os dias atuais (Barker, 1982). As mais recentes colisões envolvendo centros de espalhamento e fossa oceânica ocorreram progressivamente de oeste para nordeste nos últimos 50Ma na península Antártica. Rochas (ofiolitos) que normalmente ocorrem em ambientes de fossa oceânica e bacias fronte-arco podem ser encontradas nas ilhas Shetland do Sul, caracterizando a existência de esforços compressivos nos limites convergentes das placas Drake e Antártica (Jeffers, 1987). Atualmente (Barker, 1982; Jeffers, 1987; Gamboa & Maldonado, 1989 e Maldonado *et al.*, 1992) o deslocamento cizalhante leste-oeste apresenta taxa inexpressiva na parte central da bacia e a atividade na zona de subducção sofreu drástica redução, apesar do centro de espalhamento e seus três segmentos (inativo atualmente) não ter alcançado a fossa Shetland do Sul.

DADOS GEOFÍSICOS LEVANTADOS PELO BRASIL NA ANTÁRTICA

Por ocasião dos verões austrais de 1987 e 1988, o Brasil realizou pesquisas geofísicas (sísmica de reflexão multicanal, gravimetria, magnetometria e batimetria) na região Antártica, como descrito na tabela I. Tais pesquisas geofísicas corresponderam a um reconhecimento de caráter regional, abrangendo porções de plataforma, talude e elevação continental, sendo supervisionado pelo Programa Antártico Brasileiro. Foi empregado como plataforma de coleta de dados o NOc Almirante Câmara da Marinha do Brasil. O posicionamento foi obtido por meio da utilização de receptores de satélite dos sistemas Transit e GPS e 5 nós de velocidade média durante trabalho. Os dados digitais de reflexão sísmica multicanal foram gravados no sistema DSF-V, com **input** de 72 canais, distribuídos em um **streamer** de 1800m. Os dados de magnetometria foram obtidos por meio de um magnetômetro de precessão nuclear Geometrics G - 801/803, cujo sensor foi rebocado a uma profundidade de 7m e a 200m de distância da popa do navio.

ESTATÍSTICA DE TABELA I PRODUÇÃO DE INFORMAÇÕES GEOFÍSICAS

Informação	Produção Total (km)
Sísmica	5575,5
Gravimetria	5321,1
Magnetometria	4816,8
Batimetria	5589,5

MODELAGEM MAGNETOMÉTRICA

A modelagem magnetométrica utilizou algoritmo desenvolvido para interpretar dados magnéticos e gravimétricos em termos de fontes múltiplas de anomalia através da análise do sinal analítico (Nabighian, 1974). As fontes magnéticas consistem de soluções matemáticas obtidas pela análise do sinal analítico correlacionadas com valores geológicos coerentes. Os valores propostos como soluções foram comparados com a batimetria no ponto analisado e o valor relativo à susceptibilidade magnética comparado com valores tabelados resultantes de medições físicas de materiais passíveis de ocorrer na região de estudo. As fontes magnéticas aceitas como soluções para o modelo proposto, compuseram um arquivo específico, o qual foi usado como entrada para a geração do perfil representativo das fontes magnéticas em termos de suas respectivas profundidades. Obteve-se como resultado 45 fontes magnéticas dispostas em função de sua posição sobre o perfil e sua respectiva profundidade, como pode ser observado na figura 2.

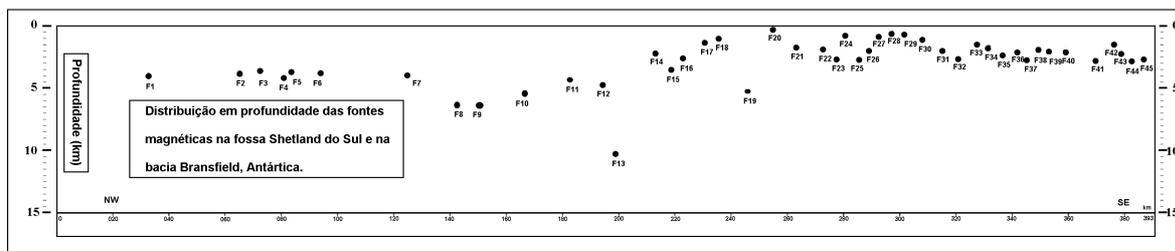


Figura 2 - Distribuição das fontes magnéticas determinadas em profundidade ao longo do perfil representativo do campo magnético anômalo partir da aplicação do algoritmo de modelagem magnetométrica.

METODOLOGIA

Neste estudo foi utilizado um perfil geofísico de 393km de extensão contendo registros de sísmica multicanal, batimetria

e magnetometria. O perfil utilizado é o único na região obtido de forma contínua, partindo de mar profundo a NW seccionando o sistema fossa-arco Shetland do Sul, a bacia marginal Bransfield e a margem continental passiva da península Antártica. As informações de magnetometria foram reduzidas do DGRF-85 (Definitive Geomagnetic Reference Field) e da variação diurna do campo magnético, gerando o campo magnético anômalo. Pela utilização de algoritmo para modelagem magnética, foram determinadas as posições e as respectivas susceptibilidades para as fontes magnéticas associada às anomalias identificadas no perfil campo anômalo. A sísmica multicanal mostrou-se eficaz na determinação do pacote de sedimentos na região de mar profundo até a fossa oceânica e no interior da bacia Bransfield. Esse trabalho baseou-se na interpretação proposta por Gamboa & Maldonado, 1989, para mapear o pacote sedimentar e assim, quando possível, o topo do embasamento. Nessas regiões foi possível verificar que as fontes magnéticas ajustavam-se com apreciável precisão com o embasamento mapeado a partir das seções sísmicas. A constatação de que os resultados da magnetometria estavam compatíveis com os da sísmica foi fundamental para explicar o comportamento do embasamento nos locais em que os refletores sísmicos apresentavam disposição caótica ou obliterados. Isso pode ser comprovado na região do prisma de acreção e do arco de ilhas, onde os refletores sísmicos encontravam-se dispostos de forma complexa, impossibilitando a interpretação do topo do embasamento. A figura 3 apresenta a superposição das fontes magnéticas determinadas na operação de modelagem do campo magnético anômalo ao longo do perfil considerado e a interpretação da seção sísmica correspondente.

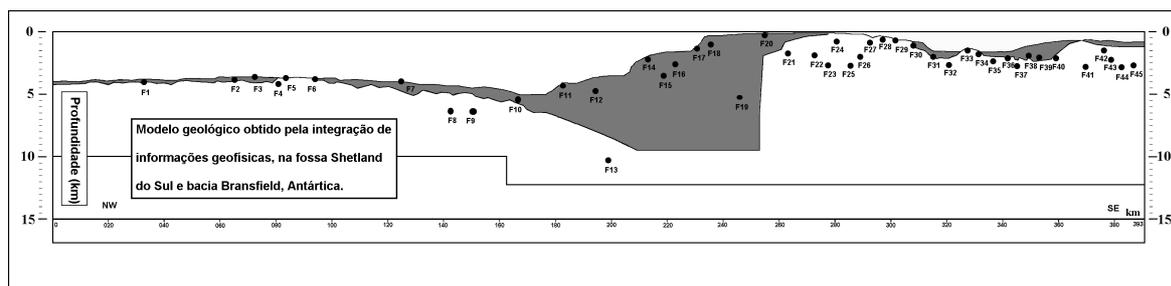


Figura 3 - Modelo bidimensional apresentando a integração do resultado da modelagem magnetométrica com a interpretação da seção sísmica correspondente. Observar que as fontes magnéticas praticamente coincidem com o embasamento interpretado da seção sísmica na bacia oceânica profunda e no interior da bacia Bransfield. Notar também a posição de F14, acompanhando o mergulho da placa Drake.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A sedimentação sobre a placa oceânica, antes de alcançar a zona de subducção, é caracterizada por pacotes sedimentares de origem pelágica, apresentando reduzida espessura. O setor compreendido pela fossa oceânica e a parte norte das ilhas Shetland do Sul apresentam um desenvolvido pacote sedimentar de complexa composição Torres, 1997a). Sedimentos provenientes da "raspagem" da placa subductada foram incorporados ao pacote sedimentar, juntamente com fragmentos de crosta oceânica. Falhas normais e sistemas de diques apresentam-se como possíveis meios de infiltração de material basáltico, tanto na parte sedimentar quanto na crosta transicional (Gamboa & Maldonado, 1989). Estas infiltrações de material básico e a presença de restos de crosta oceânica (ofiolitos), parecem razoáveis para explicar as fontes magnéticas determinadas no interior do pacote sedimentar. Um outro aspecto importante no que tange a distribuição das fontes magnéticas no prisma de acreção, sugerem que as mesmas individualizam duas estruturas (F11 a F18), interpretada como uma possível bacia frente-arco (Maldonado et al, 1992 e Grad et al, 1993). À medida que se aproxima da porção insular, a morfoestruturura acidentada, combinada com a existência de fortes correntes de fundo, condiciona uma grande variedade de **facies** deposicionais e uma estratigrafia sísmica dificilmente correlacionáveis entre os diversos domínios deposicionais (Maldonado **et al.**, 1992). Utilizando dados de magnetometria na bacia Bransfield, González-Ferrán (1991), modelou um perfil magnético paralelo ao perfil aqui apresentado, defasado cerca de 10km para oeste. Verificou o referido autor que para ajustar o seu modelo necessitava de valor de susceptibilidade magnética mais elevado para o corpo que representava o centro da bacia Bransfield, em comparação com os valores de susceptibilidade magnética necessários para os corpos que representavam as margens norte e sul da referida bacia. Analogamente, o modelo aqui proposto encontrou as fontes magnéticas F31 a F37 (vide figura 3), em média com valores de susceptibilidade superiores aos valores médios de susceptibilidade magnética obtido nas bordas da bacia. Observando a disposição das fontes magnéticas F31 a F37 é razoável conceber que elas limitam um corpo emergente no centro da bacia. Isto fica mais facilmente identificado ao observar que as fontes F33 a F37, estão dispostas praticamente alinhadas. Quanto à fonte F33, ela coincide exatamente com o fundo do mar (na mesma cercania interpretada pela sísmica), sugerindo que o interior da bacia é composto por um corpo anômalo de características básicas ou ultrabásicas. Nessa região a descontinuidade de Moho atinge a profundidade de 14,5km (Torres, 1997 b). Também parece razoável argumentar que a existência de sistemas de diques basálticos infiltrados ao longo da bacia Bransfield atribuiriam à crosta da mesma característica anômalas, sugerindo assim que a mesma seja classificada pelo menos como do tipo transicional.

CONCLUSÕES

A complexidade geológica da região de estudo pôde ser constatada nos resultados obtidos pela integração das informações da sísmica e magnetometria, resguardando as resoluções características de cada método. Foram delimitadas a bacia oceânica profunda, a fossa oceânica, a bacia frente-arco, o arco de ilhas, o centro de espalhamento

da bacia Bransfield e a margem da península Antártica. As diferenças quantitativas observadas nos resultados podem em parte serem justificadas pela utilização de métodos geofísicos diferentes que exigiu conseqüentemente a aplicação de metodologia específica para cada um. Fica bastante clara a elevada qualidade dos dados geofísicos coletados, evidenciada pela correlação entre ambos, o que pode ser observado nos resultados alcançados por cada método, se complementando em uma série de pontos o que conferiu maior credibilidade ao modelo proposto.

Referências bibliográficas

- BARKER, P.F.** *The cenozoic subduction history of the Pacific margin of the Antarctic Peninsula: ridge crest-trench interactions.* *Journal Geol. Soc London.* vol 139. 1982. p 787-802.
- GAMBOA, L.A.P.** *Antártica as an exploration frontier hydrocarbon potential, geology and hazards.* In: John, Bill. *AAPG Studies in geology #31. Oklahoma(U.S.A.) : American Association of Petroleum Geologists, studies in Geology,* 1989. p. 127-140.
- GARRETT, S.W.,** *Interpretation of Reconnaissance Gravity and Aeromagnetic Surveys of the Antarctic Peninsula.* In: *Journal of Geophysical Research,* vol 95, n° B5, 1990. p. 6759-6777.
- GONZALES-FERRAN, O.** *The Bransfield rift and this active volcanism.* *Geological Evolution of Antarctica, 5th International Symposium on Antarctic Earth Sciences,* Cambridge, Cambridge University Press, 1991. p 505-509.
- JEFFERS, J.D.** *Tectonic and sedimentary evolution of the Bransfield basin, Antarctica.* Cambridge (tese de mestrado), 1987. p 122.
- JOHNSON, A.C.** *Arc evolution: a magnetic perspective from the Antarctic Peninsula.* *Geol. Mag.* 133 (6), 1996. p 637-644.
- LARTER, R.B. & BARKER, P.F.** *Effects of ridge-trench interaction on Antarctic-Phoenix spreading: forces on a young subducting plate.* In: *Journal of Geophysical Research,* vol 96, n° B12, 1991. p. 19583-19607.
- MALDONADO, A.** *La union del extremo suboriental de la zona de fractura Shackleton (Antártida): Analisis preliminar de los procesos geologicos ligados a su desarrollo.* In: *Geologia de la Antártida Occidental.* J Lopez-Martinez (Ed.), VIII Congreso Latinoamericano de Geologia, Salamanca, Espanha, 1992. p 185-194.
- NABIGHIAN, M.N.** *Additional comments on the analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: Geophysics,* vol. 39, n°1, February, 1974. p 85-92.
- TORRES, L.C. GAMBOA, L.A.P. & GOMES, B.S.** *Determinação da Espessura Crustal na Margem Ativa da Região Antártica.* In: *5º Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica.* 1997a. p 67-70.
- TORRES, L.C.** *Aplicação de Métodos Geofísicos (Sísmica Multicanal, Gravimetria e magnetometria) para a Determinação da Estrutura Crustal da Margem Ativa da Região Antártica.* Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) Universidade Federal Fluminense. 1997b. 102 p.