

Gravimetria e Magnetotélúrico aplicados ao estudo da Bacia de Tucano

Joelson C. Batista, Emerson S. M. dos Santos, Edson E. S. Sampaio, Luiz C. Corrêa-Gomes, Johildo S. F. Barbosa e Ícaro Vitorello (UFBA-CPGG-IGEO-NGB-CAPES-INPE)

Copyright 2011, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica.

This paper was prepared for presentation at the Twelfth International Congress of the Brazilian Geophysical Society, held in Rio de Janeiro, Brazil, August 15-18, 2011.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the Twelfth 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

This paper proposes a model of tectonic evolution of the sedimentary basin of Tucano, based on the combined interpretation of the modeling of gravity and magnetotelluric data, in an attempt to understand the importance of the participation of its basement, composed of metamorphic rocks from the Orogen Itabuna-Salvador-Curaçá, the Block of Serrinha, and the Sergipana Mobile Belt in the process of rifting. The joint modeling and inversion of the two methods with the support of the regional geology of the state of Bahia, helped to define the structure and the geometry of the basin, its boundaries with the basement rocks, and to set the thickness of the crust.

Introdução

Este trabalho constitui o resultado de uma parceria entre a UFBA, INPE e PETROBRAS para o estudo geodinâmico da Bacias tipo Rift do Estado da Bahia. Executamos quatro transectas de Gravimetria e Magnetotélúrico (MT) com o objetivo de estudar a relação entre as bacias sedimentares e seus embasamentos contíguos e a estrutura profunda da crosta. Nesse artigo mostraremos os resultados apenas para a transecta T4. Realizamos a modelagem e interpretação dos dados geofísicos de forma conjugada, com apoio do conhecimento da geologia do Estado Bahia descrito por Barbosa & Sabaté (2004).

Geologia da Área de Estudo

A figura 1 exhibe a área do Projeto, com a localização do Bloco Serrinha (BS) e o seu Greenstone Belt do Rio Itapicuru (GBRI), o Orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá (OISC), a Faixa Salvador-Esplanada (FSE) e a Faixa Sergipana (FS) além do Orógeno Araçuaí (OA). Sobre esses domínios, repousam as bacias sedimentares mesozóicas de Tucano Sul, Central e Norte. Localizada no nordeste da Bahia, na faixa de transição entre essas duas bacias, a transecta geofísica T4, tem extensão de 230 km e direção SW-NE. Cada perfil gravimétrico foi executado com espaçamento de 1 km entre as estações, com um total de 230 estações. Cada perfil de MT foi executado com espaçamento de 10 km para as estações de banda larga e de 30 km para as estações de longo período, com um total, respectivamente de 24 e 8 estações. Ambos os levantamentos tiveram o objetivo de investigar

em profundidade os litotipos sedimentares e as rochas metamórficas de seu embasamento.

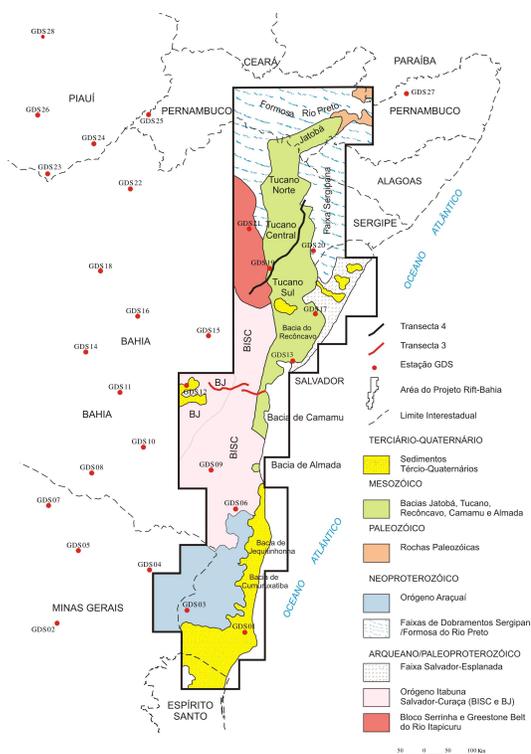


Figure 1: Domínios Geológicos-Geotectônicos da Área do Projeto Rift-Bahia com a localização das estações GDS e das Transectas T3 e T4.

O BS, formado por rochas ortognáissicas-migmatíticas, de idade meso a neo-arqueana (3200-2900 Ma) (Delgado et al. 2003), intrudidas por granitos e sienitos paleoproterozoicos (2100-1900 Ma), situa-se no nordeste do Estado da Bahia fazendo parte do embasamento do Cráton do São Francisco (Figura 1). Encravada tectonicamente nessas rochas, encontra-se o GBRI (Silva, 1992). Esse último foi estudado utilizando dados geoquímicos, metamórficos e estruturais tendo sido identificadas as seguintes sequências: (i) máfica, formada de metabasaltos, que apresentam feições compatíveis com toleitos de fundo oceânico; (ii) félsica-intermediária, constituída por rochas vulcânicas, piroclásticas, andesíticas e dacíticas e riolíticas, de filiação cálcio-alkalina, com características geoquímicas e isotópicas compatíveis àquelas de andesitos, dos modernos ambientes de margem continental ativas e, (iii) sedimentar, formada por metassedimentos quartzíticos

e pelíticos. As características gerais levam a interpretar que esse Greenstone Belt foi gerado em ambiente similar às modernas bacias de back-arc, resultantes de uma tectônica de colisão-subdução (Silva, 1992). Essa região foi visitada pela equipe do projeto detendo-se de preferência na parte inicial da transecta T4, local onde afloram rochas ígneas e metamórficas do BS, constituindo no local o embasamento da Bacia de Tucano. Adentrando a Sub-Bacia Tucano Sul (seção geológica Irará-Alagoinhas), de oeste para leste, identificam-se rochas relacionadas à extensão crustal do início do Mesozóico, caracterizando o estágio pré-rifte. Essas informações nos auxiliaram na determinação das densidades da modelagem geofísica.

Geofísica

Os valores de gravidade absoluta foram calculados a partir do transporte de medidas em estações da RENEGA do Observatório Nacional. Com isso empregou-se a fórmula de Somigliana para determinar os valores de gravidade teórica. Os valores das anomalias de ar-livre e Bouguer estão referenciadas ao elipsóide terrestre. Os valores das anomalias Bouguer (G_b) não contemplam as correções de terreno e isostática sendo a densidade empregada de 2670 kg/m^3 . Na modelagem e inversão dos dados gravimétricos foram utilizados o pacote de software Oasys Montage. Vale salientar que os trabalhos de Legeley et al (1986) e de Sá et al (2000) evidenciam, em mapa Bouguer, as estruturas concernentes à transecta T4, que analisaremos em seguida.

O perfil da transecta T4 (Conceição do Coité - Jeremoabo) tem direção geral SW-NE entre a estação 0, próxima de Conceição do Coité e a estação 120. Por sua vez, tem direção geral S-N, entre a estação 120 e a estação 230, próxima a Jeremoabo. O perfil G_b ressalta dois fatos: os maiores valores são inferiores a -30 mGal e a cava da anomalia é igual a aproximadamente -110 mGal . Embora a correção de terreno não esteja incluída no cálculo do valor de G_b , seguramente ela não compensaria os 30 mGal . Portanto, o principal responsável por tal diferença negativa entre a gravidade observada e a gravidade teórica reside no efeito isostático. A densidade média mais baixa da Bacia de Tucano é a principal responsável pela cava de 110 mGal .

Os dados magnetotélúricos (MT) adquiridos em campo são o resultado das variações dos sinais eletromagnéticos naturais. Eles podem ser visualizados durante a aquisição ou durante a análise espectral, através de suas séries temporais. Um passo inicial no processamento dos dados MT é a etapa de análise espectral. Nesta etapa, estas séries temporais foram transformadas para o domínio da frequência, tomando a forma de matrizes espectrais, sendo possível uma avaliação da qualidade dos dados e permitindo a eliminação de alguns tipos de ruído. As sondagens MT foram realizadas numa faixa de período entre 10^{-3} a 10^3 s (Banda Larga).

Terminada a análise espectral, o próximo passo foi definir a direção geoeletrica principal das estruturas utilizando o método de decomposição do tensor de impedâncias proposto por Groom et al (1989). Assim que a direção geoeletrica foi estabelecida, os dados de todas as estações foram rotacionados para a direção proposta e os modos Transverso Elétrico (TE) e Transverso Magnético

(TM) definidos.

Para a realização das modelagens inversa MT, foi utilizado o método Conjugado Gradiente, usando como ponto de partida os dados de modelos geológicos e do ajuste inicial realizado com a metodologia de Bostick-Niblett, metodologia do tipo assintótica para modelagem 1D (Whittall et al., 1955).

Os dados magnetotélúricos da transecta, foram processados usando modelagem inversa unidimensional (1D), utilizando como metodologia de aproximação o modelo de camadas planas, homogênea e uniforme. No processamento dos dados aplicamos a decomposição descrita por Groom et al (1992), o que removeu apenas *twist* e *shear*, mas atenua os efeitos de deslocamento estático e de anisotropia. Em seguida, foi aplicada a correção de anisotropia: uma média geométrica das resistividades em alta frequência.

Interpretação Integrada da Transecta T4

Avaliamos duas hipóteses através do cálculo da variação do G_b para um modelo de densidade 2-D mostrado na figura 2. Definimos um valor mínimo de 2700 kg/m^3 e um valor máximo de 2800 kg/m^3 , para a densidade das rochas do Bloco Serrinha como referência. Isto corresponde à distinção entre a densidade de rochas ortognáissicas e TTG das fácies anfífolito e possivelmente da fácies granulito, em maior profundidade. Nesse caso, para os sedimentos, serão estabelecidas 3 faixas de contraste de densidade em relação ao valor médio que empregamos na correção Bouguer: (i) a primeira de -700 kg/m^3 para o intervalo entre 0 e 300 m de profundidade; (ii) a segunda de -500 kg/m^3 para o intervalo entre 300 e 3000 m de profundidade e (iii), a terceira de -300 kg/m^3 para o intervalo entre 3000 m de profundidade e o fundo da Bacia. Por fim, estabeleceremos um valor médio de contraste de densidade igual a -100 kg/m^3 para as rochas siliciclásticas da Faixa Sergipana e um valor médio de contraste de densidade igual a $+50 \text{ kg/m}^3$ para as rochas carbonáticas e aquelas do Grupo Macururé dessa mesma Faixa.

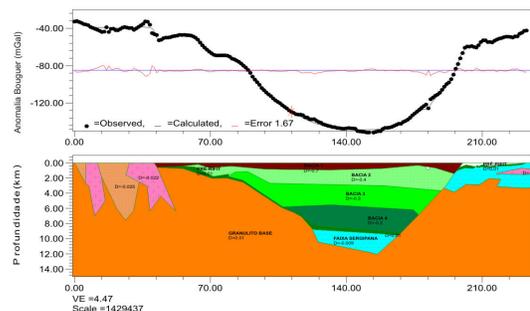


Figure 2: Modelo gravimétrico.(a)Seção gravimétrica, (b) Modelagem gravimétrica.

Conforme pode ser constatado na figura 1, nas observações geológicas de campo e nos dados geofísicos, o limite oeste da Bacia de Tucano com o embasamento é feito por falhas de pequeno rejeito, com planos mergulhando fracamente para nordeste. Esses rejeitos e suas inclinações vão se acentuando em direção ao deprocentro da bacia, situado a oeste da cidade de

Cícero Dantas, ou aproximadamente sob o marco 150 da gravimetria (Figura2).

A figura 3 contém as pseudo-seções de resistividade aparente nos modos TE (XY) e TM (YX). Ela indica a existência de 3 regiões entre as barras verticais, relacionadas, grosseiramente ao BS, à Bacia de Tucano e à FS. Essas pseudo-seções geolétricas estão grandemente influenciadas por efeitos tais como o de indução e efeitos de anisotropia regional. Elas mostram haver menos heterogeneidade lateral e anisotropia entre as barras verticais. Portanto, a região central é mais adequada para modelagem inversa 1-D ou 2-D. Fora das barras verticais os dados foram mais afetados, possivelmente pela influência de corpos 2-D ou 3-D em profundidade. Os modelos geolétricos representados na

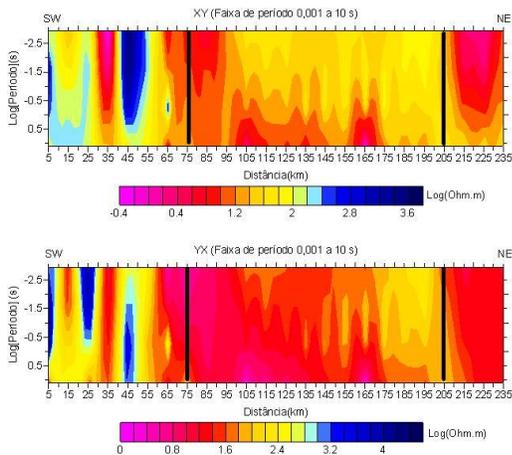


Figure 3: Pseudo-seções de resistividade aparente MT, modos TE (XY) e TM (YX).

figura 4 mostram que existe uma assimetria estrutural do fundo da Bacia de Tucano com gradiente mais elevado a NE, tal como mostra o dado gravimétrico. O contato entre o BS e a FS pode ser observado numa profundidade aproximada de 10 km. Os núcleos condutivos devem estar associados a água e altas temperaturas dentro da Bacia de Tucano, possivelmente, proveniente de fraturas profundas do embasamento.

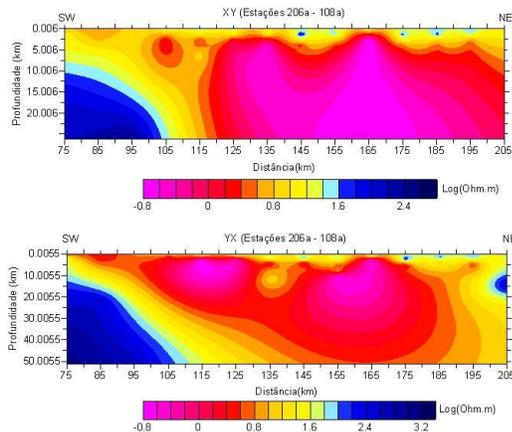


Figure 4: Modelo geolétrico XY e YX, modelado na faixa de período entre 10^{-3} e 10 s.

A figura 5 contém uma interpretação integrada entre a gravimetria, MT e geologia da transecta T4. As profundidades estimadas pela gravimetria e pelo magnetotelúrico, para locais próximos do depocentro são superiores a 6000 metros, indicando alta taxa de subsidência, na época do preenchimento da bacia. Os dados geofísicos também mostram, no lado leste da bacia, uma sequência de falhas mais verticalizadas e com rejeitos importantes. Entre elas, pode-se citar a Falha Caritá, que foi interceptada pelos perfis geofísicos, aproximadamente na estação 160 e que tem direção NNW-SSE. Ela é considerada uma falha de transferência separando as duas sub-bacias, Tucano Central e Tucano Norte.

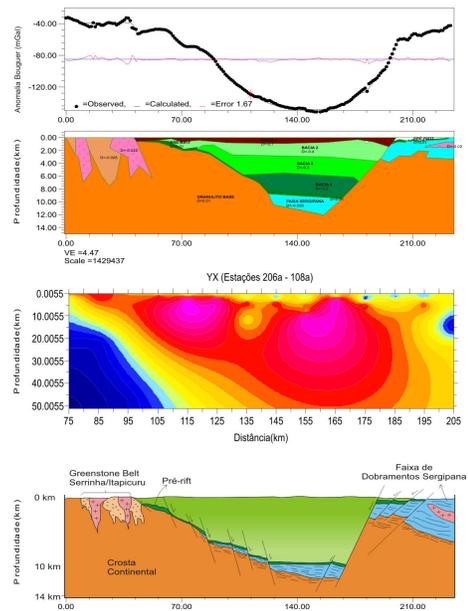


Figure 5: Seção integrativa de gravimetria, de MT e geologia:(a)Seção gravimétrica, (b) Modelagem gravimétrica, (c) Modelagem magnetotelúrica e (d) Perfil geológico integrado.

Conclusões

Neste artigo foi proposto um modelo de evolução tectônica da bacia sedimentar de Tucano, a partir da correlação entre os resultados da modelagem de dados gravimétrico e magnetotelúrico, na tentativa de compreender a importância da participação do embasamento cristalino na formação do substrato dessa bacia durante o processo de rifting.

A modelagem e inversão dos dois métodos em conjunto, com o apoio da geologia regional, permitiu definir a espessura da bacia e os limites entre os contatos.

Referências

Barbosa J. S. F. & Sabaté P. 2004. Archean and Paleoproterozoic crust of the São Francisco Craton, Bahia, Brazil: geodynamic features. *Precamb. Res.*, 133: 1-27.

Cagniard, L. Basic theory of the magnetotelluric method of geophysical prospecting. *Geophysics*, v.18, n.3, p.605-

635, 1953.

Delgado, I. M.; Souza, J. D.; Silva, L.C.; Silveira Filho, N. C.; Santos, R. A.; Pedreira, A. J.; Guimarães, J. T.; Angelim, L.A. A.A.; Vasconcelos, A. M.; Gomes, I. P.; Lacerda Filho, J. V.; Valente, C. R.; Perrota, M. M.; Heinec, C. A. 2003. Geotectônica do Escudo Atlântico. In: Bizzi, L.A.; Schobbennhaus, C.; Vidotti, R.M.; Gonçalves, J. H. (Ed), *Geologia Tectônica e Recursos Minerais: textos, mapas & SIG*. Brasília: Companhia de Pesquisa e Recursos minerais. p. 227-334.

Groom, R. W.; Bahr, K. Corrections for near surface effects: decomposition of the magnetotelluric impedance tensor and scaling corrections for regional resistive: A tutorial. *Surveys in Geophysics*, v.13, p.311-379, 1992.

Groom, R. W.; Bailey, R. C. Decomposition of magnetotelluric impedance tensors in the presence of local three-dimensional galvanic distortion. *Journal of Geophysical Research*, v.94, n.B2, p.1913-1925, Fev. 1989.

Legeley, A., Albouy, Y., Baraud, R. & Godivier, R., 1986, Carta gravimétrica do nordeste do Brasil, mapa de linhas de isoanomalias e três cartas de estações gravimétricas da PETROBRAS e CPRM. Editions de l'ORSTOM, 1-4.

Silva, M.G. 1992. O Greenstone Belt do Rio Itapicuru: uma bacia do tipo back-arc fóssil. *Revista Brasileira de Geociências*. 22(2): 157-166.

Whittall, K. & Oldenburg, D., 1955, Inversion of magnetotelluric data for a one-dimensional conductivity. *SEG Geophysical Monograph Series*, no. 5, 1-114.

Agradecimentos

Este trabalho faz parte do Projeto Rifit Bahia patrocinado pela PETROBRAS(Termo de Cooperação nº 0050.0029271.076.4) em convênio com a Universidade Federal Da Bahia (UFBA) e teve a participação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).