



## Modelagens magnetotélúricas e sísmicas da Bacia do Espírito Santo

Sonali de A. José<sup>1</sup>(LENEP/UENF), Lino Brito Teixeira<sup>2</sup>(CENPES/PETROBRAS) e Antonio A.G. Carrasquilla<sup>2</sup>(LENEP/UENF)

Universidade Estadual do Norte Fluminense- LENEP/UENF

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility 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

Constructing a consistent and reliable model of a complex geophysical/geological system is one of the main questions in Geophysics. In order to solve this matter, many studies have been published about data integration of different surveys. In this work, the goal consists in making magnetotelluric and seismic modelings in areas where seismic method has shown limitations. The results have suggested that magnetotelluric method (MT) can be used as an alternative complementary geophysical tool.

### Introdução

O método sísmico apesar de ser a técnica geofísica mais aplicada na indústria petrolífera, pois fornece resultados bastante satisfatórios na identificação de formações geológicas, especialmente nos casos estratificados, possui limitações em quantificar suas propriedades físicas e também mostra limitações para imagear abaixo de estruturas halocinéticas e rochas ígneas básicas (Crawford *et al.*, 1999).

Estes obstáculos podem ser superados com o aperfeiçoamento de metodologias de aquisição e processamento de dados sísmicos ou com a utilização de métodos geofísicos complementares. Este último, por sua vez, vem sendo uma excelente alternativa já que resulta na elaboração de modelos mais consistentes e compatíveis com as reais características do ambiente geológico em estudo (Dell' Aversana, 2001 e Hoversten *et al.*, 1998).

A Bacia do Espírito Santo destaca-se no cenário petrolífero brasileiro por ocupar a terceira colocação em reserva de petróleo e gás, e a sexta em produção nacional, sendo considerada a nova província petrolífera. Em virtude da sua relevância e por conter regiões de geologia complexa, foi elaborada esta pesquisa.

A partir de dados sintéticos magnetotélúricos e sísmicos, tentou-se reproduzir alguns possíveis ambientes geológicos contendo domos salinos e basaltos os quais podem ser considerados excelentes trapas de petróleo.

### Metodologia

Os valores de resistividade elétrica que serviram para elaboração dos 8 modelos magnetotélúricos foram extraídos do artigo de Rangel *et al.* (1994). Com relação às 2 modelagens sísmicas, os valores de velocidade da onda compressional foram fornecidos pelo geofísico Lino Brito Teixeira e através da Equação de Gardner (1974), estes foram convertidos em valores de densidade. Com base nestes dois parâmetros, e após o processamento dos dados, foram obtidas as seções sísmicas correspondentes. Os modelos foram classificados em 4 grupos:

Grupo I - O objetivo para criação deste grupo foi a análise da influência da lâmina d'água nos resultados magnetotélúricos. É constituído por 2 modelos de resistividade elétrica. O primeiro, Modelo 1 (Figura 1) representa um meio estratificado formado por 4 camadas sem a presença da lâmina d'água e o Modelo 2 (Figura 3) representa também um meio estratificado com as mesmas 4 camadas do Modelo 1, só que houve a inserção da lâmina d'água;

Grupo II - A finalidade deste grupo foi: estudo da resposta MT devido à introdução de uma camada de arenito (reservatório de óleo) subjacente à estrutura dômica e a comparação com a seção sísmica. É composto por 2 modelos de resistividade elétrica e um modelo de velocidade: Modelo 3 (Figura 5), Modelo 5 (Figura 9) e Modelo 4 (Figura 7), respectivamente. Este último, foi extraído de Misságia (2003) e sua respectiva seção sísmica (Figura 8), extraída de Oliveira (2003);

Grupo III - A justificativa para a elaboração deste grupo é o estudo da resposta magnetotélúrica em regiões de geologia complexa, sob a ótica da sísmica, na Bacia do Espírito Santo. O Modelo 6 (Figura 11) é uma reprodução fiel da seção geológica de uma determinada área da bacia (Figura 23). Com relação ao Modelo 7 (Figura 13), refere-se à substituição do arenito abaixo do calcário pelo basalto;

Grupo IV - Devido à complexidade do Grupo III não foi possível a elaboração das suas respectivas seções sísmicas. Portanto, foi elaborado o Modelo 10 (Figura 19) que é uma simplificação do Modelo 6. O Modelo 8 (Figura 15), representa um possível caso geológico de ser encontrado na Bacia do Espírito Santo. As respectivas seções sísmicas destes são mostradas nas Figuras 22 e 18.

Para execução deste trabalho foram utilizados os programas: Winglink (Geosystem, 2000) a fim de obter as modelagens magnetotélúricas, Norsar (Norsar, 2003)

e ProMAX (Landmark, 2003) para as modelagens sísmicas e processamento sísmico respectivamente.

### Resultados e Conclusões

A comparação entre as respostas das inversões magnetotelúricas 2D dos Modelos 1 e 2, respectivamente Figuras 2 e 4, mostrou que a presença da lâmina d'água agiu como filtro passa-baixa, pois permitiu a eliminação das altas frequências. Conseqüentemente, houve uma melhor definição das litologias a partir da profundidade de 1500 metros. O aparecimento de anomalias superficiais pode ser atribuído, possivelmente, às limitações do programa.

A inversão MT 2D do Modelo 3 (Figura 6) não definiu a interface domo-embasamento. Todavia, exibiu a interface domo-sedimentos e conseguiu delinear a geometria do domo salino. A resposta da inversão MT 2D do Modelo 5 (Figura 10) expôs uma pequena diferença causada pela introdução do reservatório subjacente ao domo salino, mostrando que é possível imagear o reservatório com o método MT caso este estivesse localizado abaixo do sal. A seção sísmica (Figura 8) extraída de Oliveira (2003) não foi capaz de definir a interface domo-embasamento. Caso fosse introduzida uma camada de arenito (reservatório óleo) subjacente ao domo, algumas condições deveriam ser obedecidas para visualizar a interface domo-arenito pelo método sísmico: espessura da areia, velocidade intervalar, tipo de fluido presente e parametrização adequada de aquisição sísmica, 2D ou 3D, e processamentos especiais dos dados sísmicos.

O resultado da inversão MT 2D do Modelo 6 (Figura 12) expôs a interface embasamento-arenito e o basalto pôde ser visualizado como uma anomalia esverdeada do lado direito. Com relação às demais litologias, estas não puderam ser distinguidas. A resposta do Modelo 7 (Figura 14) evidenciou a substituição do arenito pelo basalto através do aumento da anomalia esverdeada em consequência do aumento nos valores de resistividade elétrica. Observou-se, outra vez, a presença de anomalias superficiais.

A inversão MT 2D do Modelo 8 (Figura 16) delineou as interfaces de cada litologia e mostrou que o MT é capaz de imagear abaixo de estruturas halocinéticas e rochas ígneas. Novamente, notou-se a presença das anomalias superficiais. A seção sísmica correspondente ao Modelo 9 (Figura 18) não exibiu as interfaces abaixo do basalto em virtude do alto índice de refletividade do basalto.

A inversão 2D MT do Modelo 10 (Figura 20) mostrou um resultado similar ao Modelo 6. Contudo, a interface embasamento-sedimentos pareceu mais nítida e a camada de sal foi melhor delineada. Novamente, notou-se a presença de anomalias próximas às estações possivelmente associadas às limitações do programa. A seção sísmica equivalente (Figura 22) não definiu as interfaces abaixo do basalto.

### Agradecimentos

À ANP pelo apoio financeiro e a todos que contribuíram para a conclusão deste trabalho.

### Referências Bibliográficas

- Asmus, H.E., 1970, Banco de Abrolhos – Tentativa de Interpretação Genética. Rio de Janeiro. PETROBRAS/ SETIN/ DIVEX (relatório interno);
- Constable, S.C., Parker, R.L., Constable, C.G., 1987, Occam's Inversion, A Practical Algorithm for Generating Smooth Models from Electromagnetic Sounding Data, Geophysics, Vol. 52, p289-825;
- Crawford, W.C., Webb, S. C., Hildebrand, J. <sup>a</sup>, 1999, Constraints on Melt in Lower Crustal and Moho at East Pacific Rise, Journal of Geophysics, Vol. 104, p2923-2939
- Dell' Aversana, P., 2001, Integration of Seismic, MT and Gravity Data in Thrust Belt Interpretation: First Break, Vol. 19, No. 6, p334-341;
- Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., Gregory, A. F., Formation Velocity and Density, The Diagnostic Basis for Stratigraphic Traps, Geophysics, 1974, Tulsa, v39, n06, p770-780;
- Geosystem, 2000, Integrated Geophysical Interpretation Software for Windows 95/98/NT, WINGLINK™ version 1.44, User's Guide, March.
- Hoversten, G.M., Constable, S., Morrison, F.H., 1998, Marine magnetotellurics for Base Salt Mapping: Gulf of Mexico Field-Test at the Gemini Structure, 68 th Annual SEG Meeting, Expanded Abstracts;
- Key, K.W., 2003, Application of Broadband Marine Magnetotelluric Exploration to a 3D Salt Structure and a Fast-Spreading Ridge, University of California, San Diego;
- Landmark, 2003, ProMAX;
- Misságia, R. M., 2003, A Técnica de Imageamento Acústico "Wave Analogue of the Common Depth Point (WCDP)", Macaé. Tese de Doutorado, Universidade Estadual do Norte Fluminense;
- Oliveira, S. A. M., 2003, Trabalho de Pesquisa Correlacionado ao Desenvolvimento da Tese de Doutorado de Misságia;
- Norsar, 2003, 3D Ray Modelling;
- Rangel, D. H., Martins, L. A. F., Esteves, R. F., Feijó, J. F., 1994, Boletim de Geociências da Petrobrás, Vol. 8, No. 1, p203-217, Janeiro/Março.

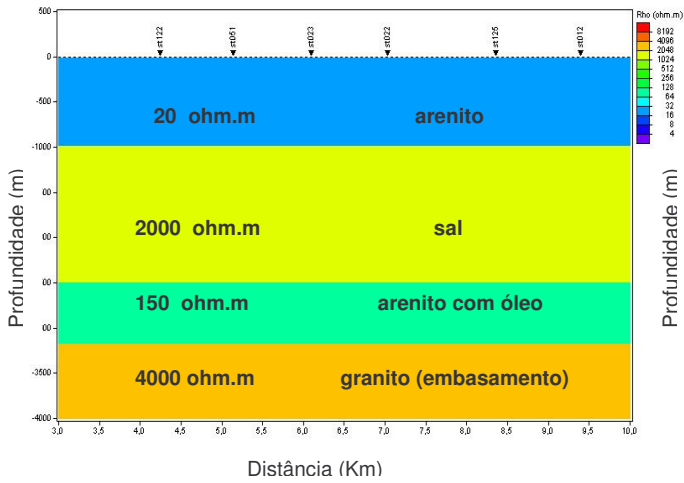


Figura 1- Modelo 1 representa um meio estratificado composto por 4 litologias distintas.

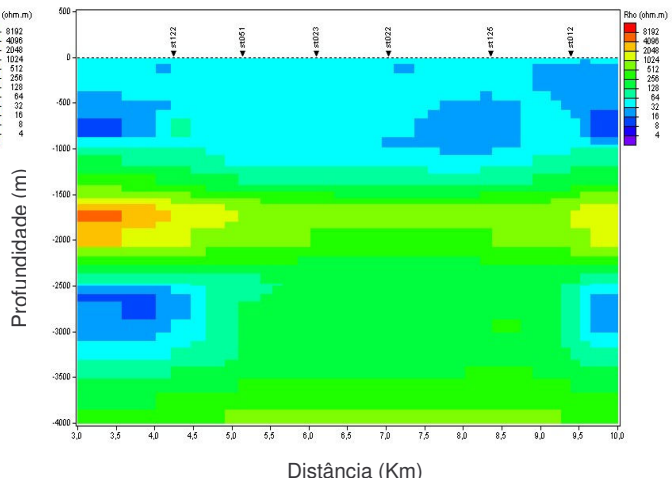


Figura 2- Resultado da inversão 2D magnetotelúrica do Modelo 1.

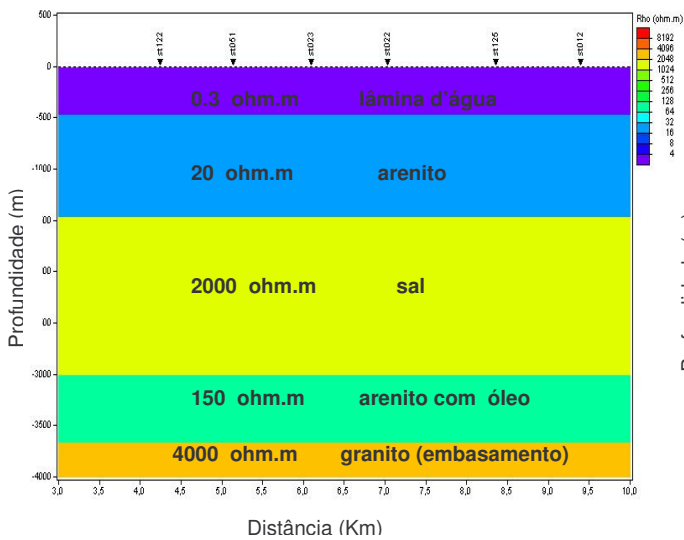


Figura 3- Modelo 2 representa um meio estratificado composto por 4 litologias distintas com a inserção da lâmina d'água.

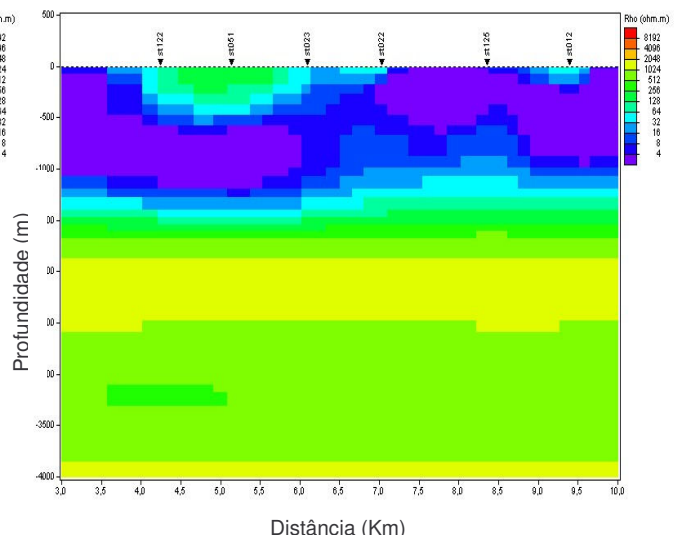


Figura 4- Resultado da inversão 2D magnetotelúrica do Modelo 2.

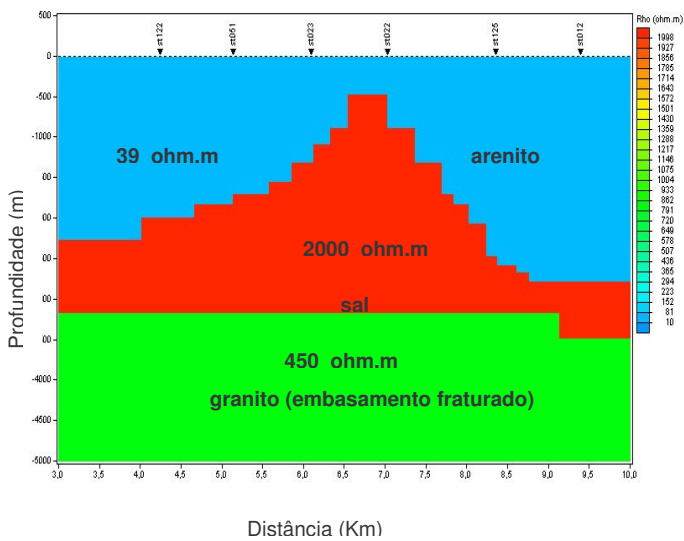


Figura 5- Modelo 3 representa um meio composto por: arenito, sal e granito.

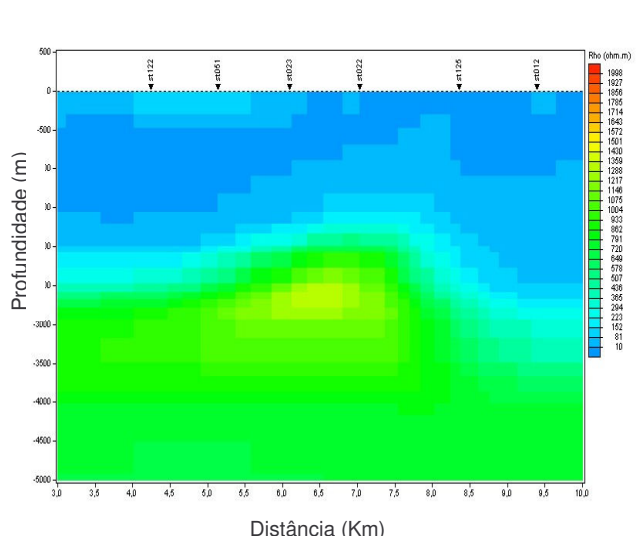


Figura 6- Resultado da inversão 2D magnetotelúrica do Modelo 3.

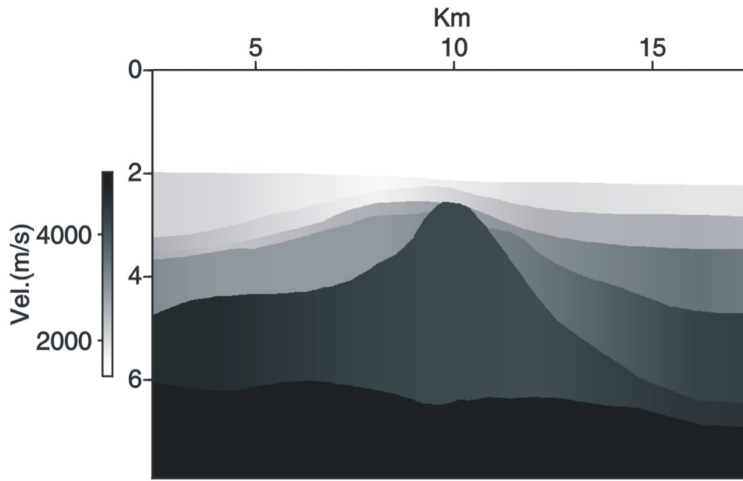


Figura 7- Modelo 4 representa um meio composto por: lâmina d'água, intercalações de folhelho/arenito, sal e granito (extraído de Misságia, 2003).

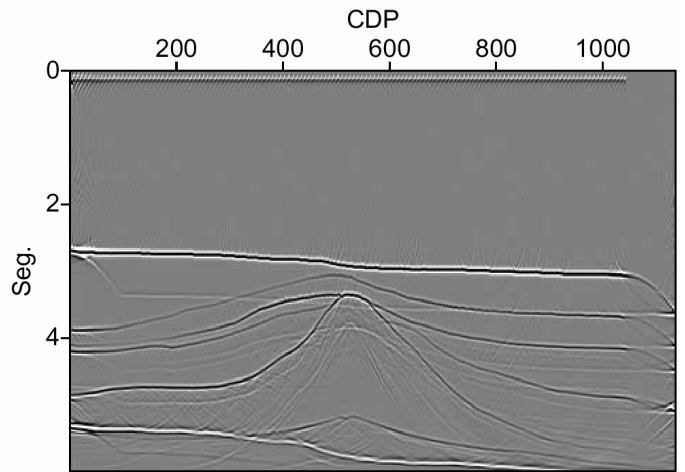
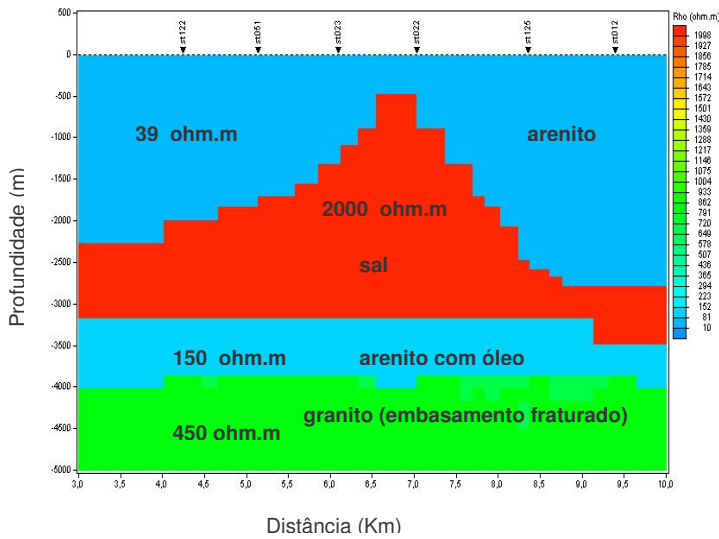
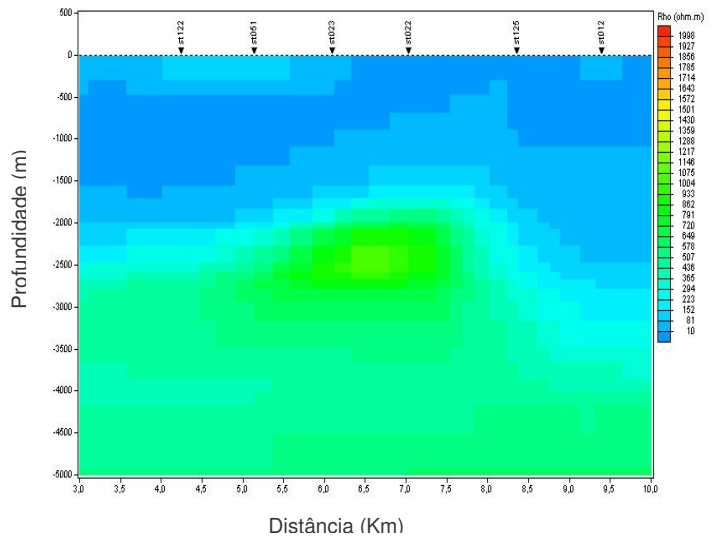


Figura 8- Resultado sísmico do Modelo 4 (extraído de Moura, 2003).



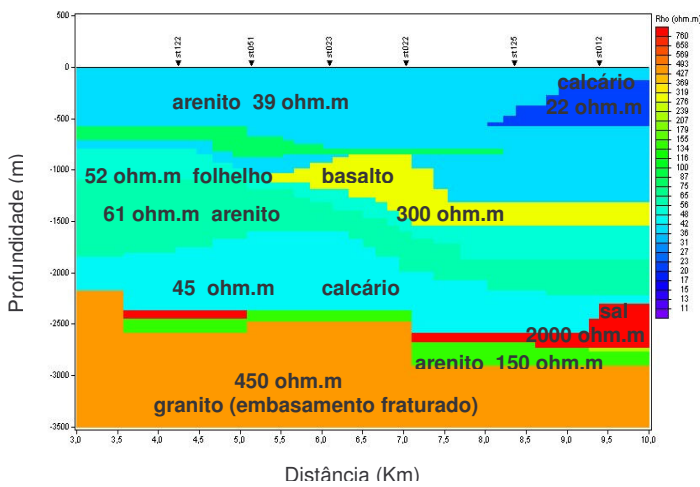
Distância (Km)

Figura 9- Modelo 5 representa um meio composto por: arenito, sal, arenito com óleo e granito.



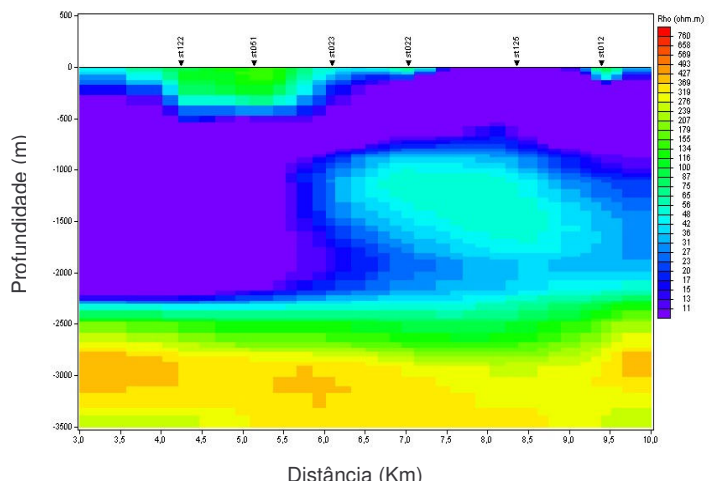
Distância (Km)

Figura 10- Resultado da inversão 2D magnetotelúrica do Modelo 5.



Distância (Km)

Figura 11- Modelo 6 representa o modelo de resistividade da seção geológica de uma determinada área da Bacia do Espírito Santo (Figura 23).



Distância (Km)

Figura 12- Resultado da inversão 2D magnetotelúrica do Modelo 6.

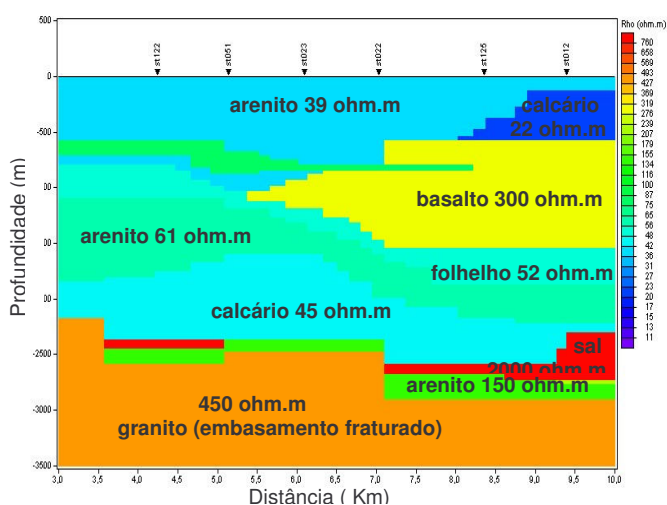


Figura 13- Modelo 7 representa o modelo de resistividade da seção geológica de uma determinada área da Bacia do Espírito Santo (Figura 23) com a substituição do arenito pelo basalto.

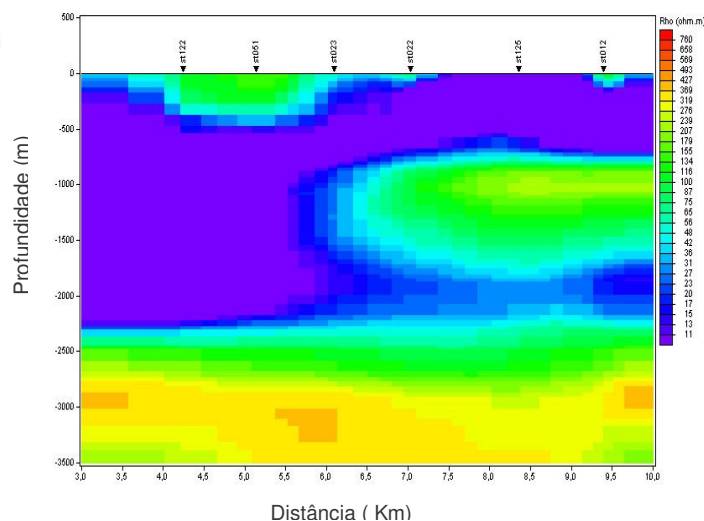


Figura 14- Resultado da inversão 2D magnetotelúrica do Modelo 7.

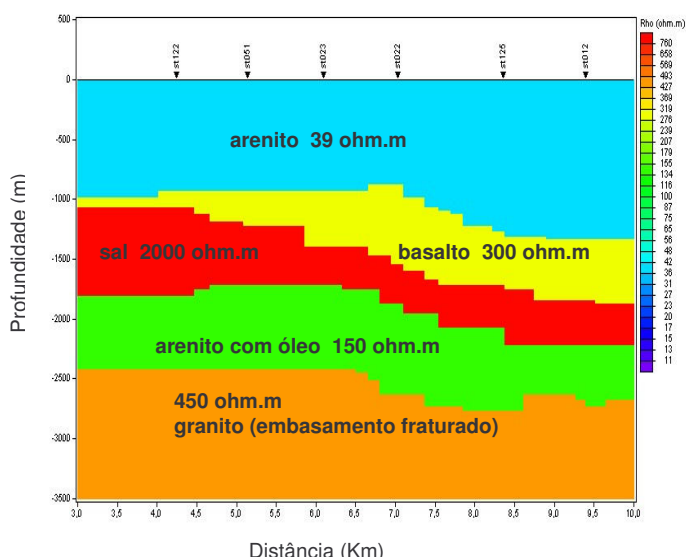


Figura 15- Modelo 8 representa o modelo de resistividade de um possível caso geológico da Bacia do Espírito Santo.

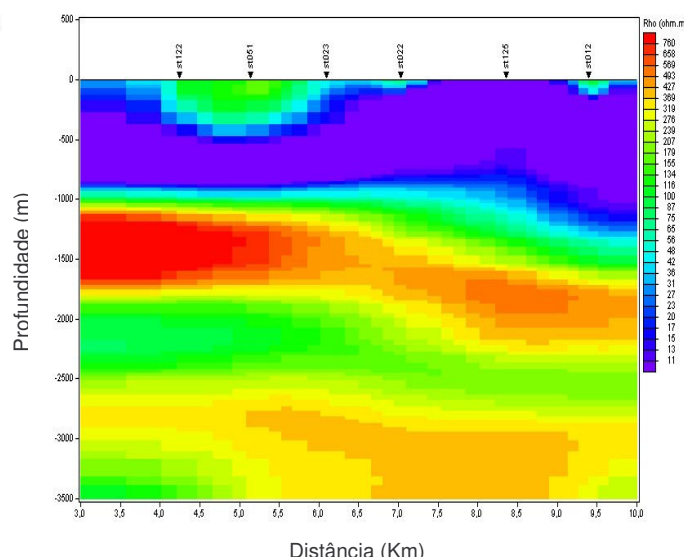


Figura 16- Resultado da inversão 2D magnetotelúrica do Modelo 8.

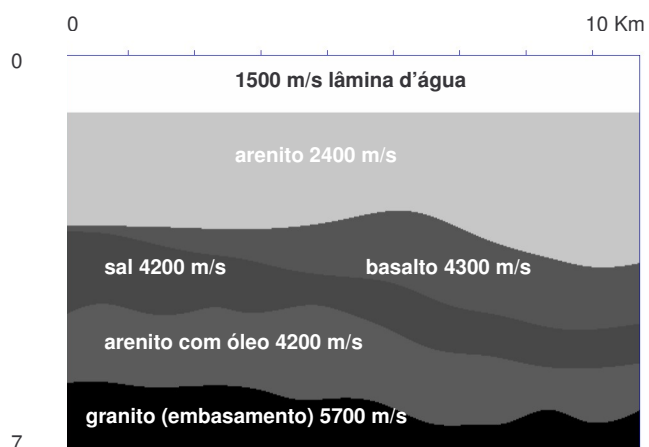


Figura 17- Modelo 9 representa o modelo de velocidades de um possível caso geológico da Bacia do Espírito Santo.

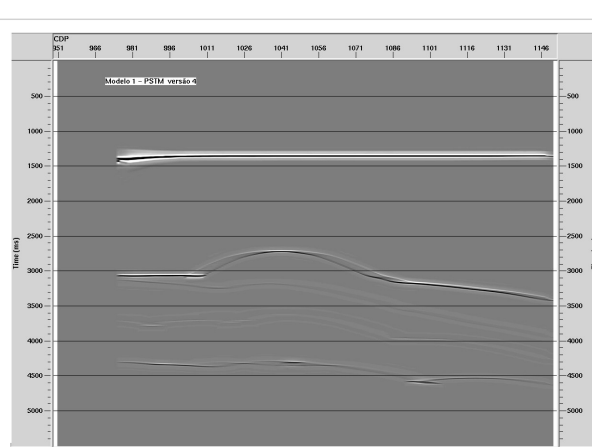


Figura 18- Resultado sísmico do Modelo 9.



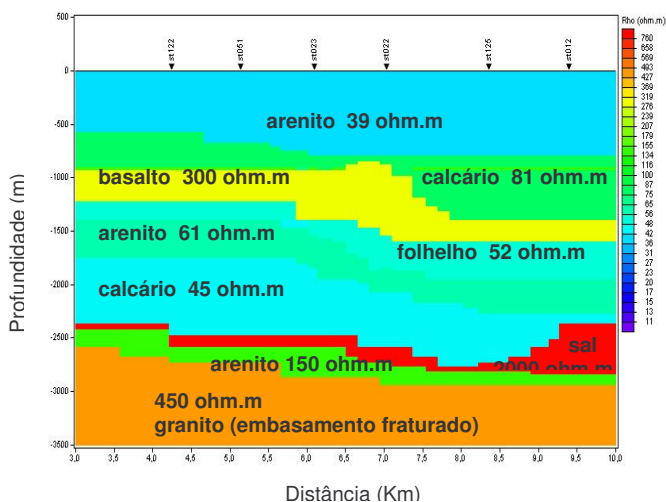


Figura 19- Modelo 10 representa uma simplificação da seção geológica de uma determinada área da Bacia do Espírito Santo (Figura 23).

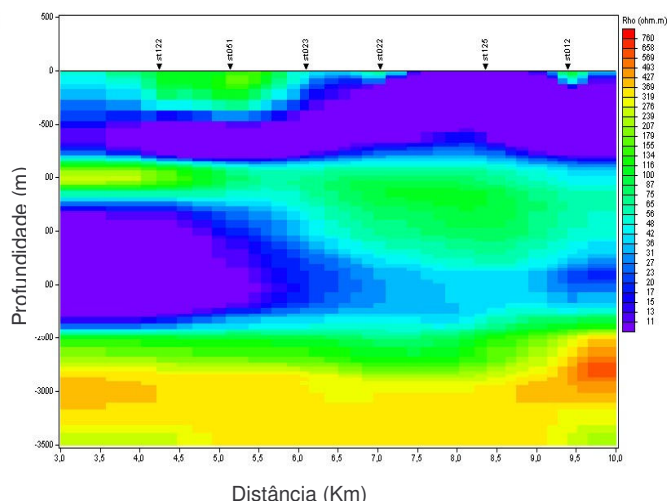


Figura 20- Resultado da inversão 2D magnetotelúrica do Modelo 10.

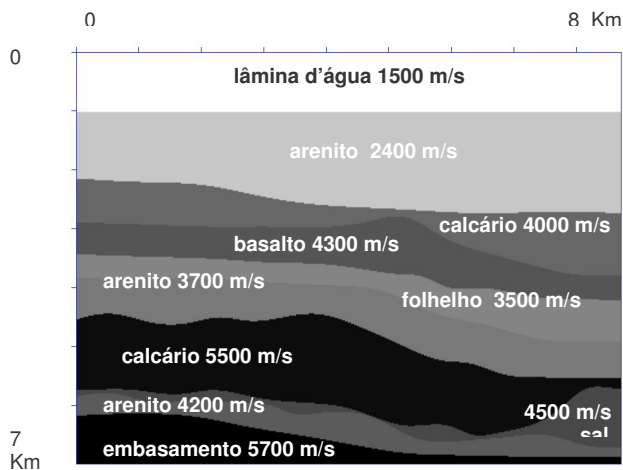


Figura 21- Modelo 11 representa um modelo de velocidade da suavização da seção geológica de uma determinada área da Bacia do Espírito Santo (Figura 23)

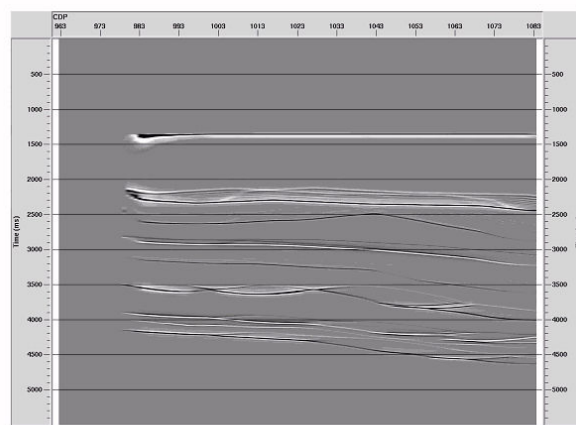


Figura 22- Resultado sísmico do Modelo 11.

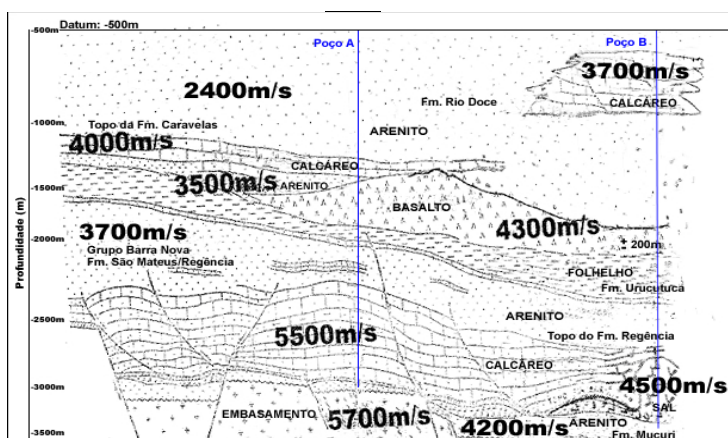


Figura 23- Seção geológica de uma determinada área da Bacia do Espírito Santo.