



Modelagem de dados do método MCSEM com variação na resistividade da água do mar.

Edelson da Cruz Luz & Cícero Roberto Teixeira Régis
Curso de Pós-Graduação em Geofísica – CPGG.
Universidade Federal do Pará – UFPA.

Copyright 2006, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no II Simpósio de Geofísica da Sociedade Brasileira de Geofísica, Natal-RN, 21-23 de setembro de 2006. Seu conteúdo foi revisado pela Comissão Técnico-científica do II SR-SBGf mas não necessariamente representa a opinião da SBGF ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGF.

Resumo

O Marine Controlled Source ElectroMagnetic (MCSEM) é um método geofísico que tem sido empregado para a detecção de camadas resistivas no sub-solo oceânico e tem se mostrado uma ferramenta promissora para a indústria do petróleo. Neste trabalho, modelamos levantamentos do método MCSEM incluindo variações nos valores de resistividade da água do mar. Tais variações podem resultar da influência de correntes marinhas, gradientes de temperatura ou de qualquer fator que possa afetar a salinidade da água. Observamos que os dados do método são afetados de maneira significativa por tais variações.

Abstract

The Marine Controlled Source ElectroMagnetic (MCSEM) is a new geophysical method that is very promising in the detection of resistive layers in the rocks under the oceanic floor, a useful information for the oil industry. In this work we model MCSEM data including variations in the resistivity of the ocean water. Such variations can arise from the influence of marine currents, temperature gradients or any other source of influence on the water salinity. We observe that the data from this method are significantly affected by those variations.

Introdução

Neste trabalho, fazemos a modelagem de dados de MCSEM em ambientes unidimensionais e estudamos a influência de variações na condutividade da água sobre os valores calculados dos campos e mostramos que os resultados podem ser afetados significativamente por essas variações.

Sondagens com o método MCSEM tem se mostrado muito promissoras na detecção de camadas resistivas no subsolo oceânico, possivelmente indicativas da presença

de hidrocarbonetos. Para a aquisição dos dados, um dipolo elétrico horizontal (DEH) é rebocado por um barco a uma certa profundidade, próxima do fundo do oceano, emitindo um campo elétrico de baixa frequência que penetra no subsolo e é parcialmente refletido nas interfaces das camadas sedimentares, trazendo informações que são registradas por dipolos receptores.

Nos receptores ocorre a influência não só da onda eletromagnética que vem do subsolo, mas também da onda que vem refletida da interface água-ar e da onda que vem diretamente da fonte, sendo necessário levar em consideração as três ondas eletromagnéticas que chegam ao receptor, como mostra a figura 1.

O intérprete busca nos dados a influência de camadas de resistividade alta. Entretanto, conforme aumenta a distância entre fonte e receptor, a onda que chega da interface entre água e ar passa a ter mais influência sobre os dados do que aquela que chega da camada resistiva abaixo (Eidesmo et al., 2002).

Em todos os casos, o sinal emitido é atenuado na passagem pelo meio altamente condutivo formado pela água do mar em todo o percurso desde o transmissor até os receptores. Então, os dados de MCSEM são sensíveis a variações na resistividade da água do mar.

Em geral, na literatura, toda a camada de água da superfície até o solo oceânico é considerada uniforme com um valor de resistividade de 0,3Ohm-m (Chave et al, 1991; Constable & Weiss, 2006; Eidesmo et al., 2002), entretanto variações nesse valor podem existir pela influência de correntes marítimas, gradientes de temperatura ou outros fatores que afetam o nível de salinidade da água do mar.

Mostramos aqui alguns exemplos de modelos que apresentam variações na resistividade elétrica na água do mar como parte de um trabalho em andamento no qual modelamos vários aspectos do método MCSEM em ambientes unidimensionais.

Metodologia

Fazemos a modelagem numérica do método MCSEM, segundo a metodologia descrita em Rijo (2006), tendo como fonte do campo eletromagnético um dipolo elétrico, descrito matematicamente como uma função delta de Dirac, que emite um sinal eletromagnético de baixa frequência (0,2Hz a 1,0Hz).

O sinal emitido pelo dipolo elétrico se difunde através da água e no subsolo oceânico, se propagando por um meio formado por camadas horizontais, cada uma homogênea e isotrópica, com valores de resistividade elétrica diferentes.

O sinal refletido das camadas de rochas abaixo do solo oceânico e das interfaces na água até a superfície é captado por meio de receptores colocados no fundo do mar. Os dipolos elétricos receptores são posicionados em uma linha que idealmente seria reta. Em nossa modelagem posicionamos o dipolo fonte com o eixo na mesma direção da linha dos receptores (no que é chamado de arranjo radial, ou *in-line*) ou com o eixo perpendicular à linha dos receptores (arranjo azimutal, ou *broad-side*). Em qualquer posicionamento intermediário entre esses dois extremos o campo total pode ser calculado como a soma vetorial daqueles gerados em cada arranjo.

Na modelagem numérica do método MCSEM calculamos transformadas de Hankel utilizando a técnica de filtros digitais como descrita em Rijo (2006). Empregamos os filtros de Frayzer (2003)

Resultados

Um primeiro modelo, é mostrado na figura 1. Trata-se de uma única camada de água de 800m de espessura, seguida uma camada de rochas com resistividade de 1,0Ohm-m, uma camada representando sedimentos com hidrocarbonetos, com 100m de espessura e 100,0Ohm-m de resistividade e um substrato com resistividade de 1,0Ohm-m.

Para verificar a influência da resistividade da água sobre os dados do método MCSEM, calculamos os campos para o modelo da figura 1, com três valores diferentes para a resistividade da água do mar: 0,2Ωm, 0,3 Ωm e 0,4 Ωm. Com uma frequência de 0,5Hz e a distância entre fonte e receptor variando de 500m até 20.000m, obtemos o resultado mostrado na figura 3, na qual também incluímos as curvas referentes à modelagem com o subsolo sendo um meio homogêneo de resistividade 1,0 Ωm

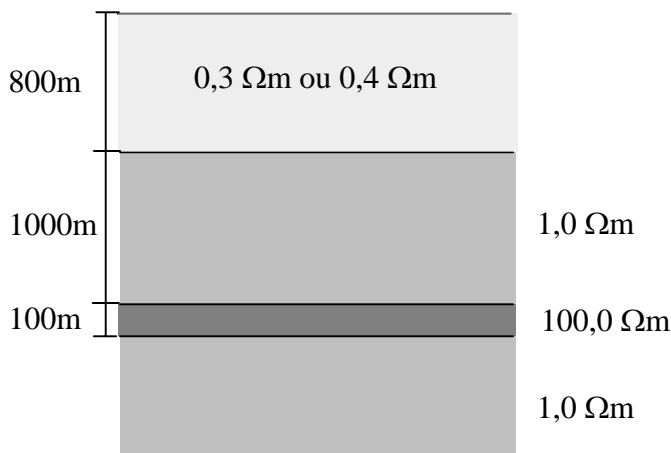


Figura 1: Modelo inicial com a camada de água homogênea.

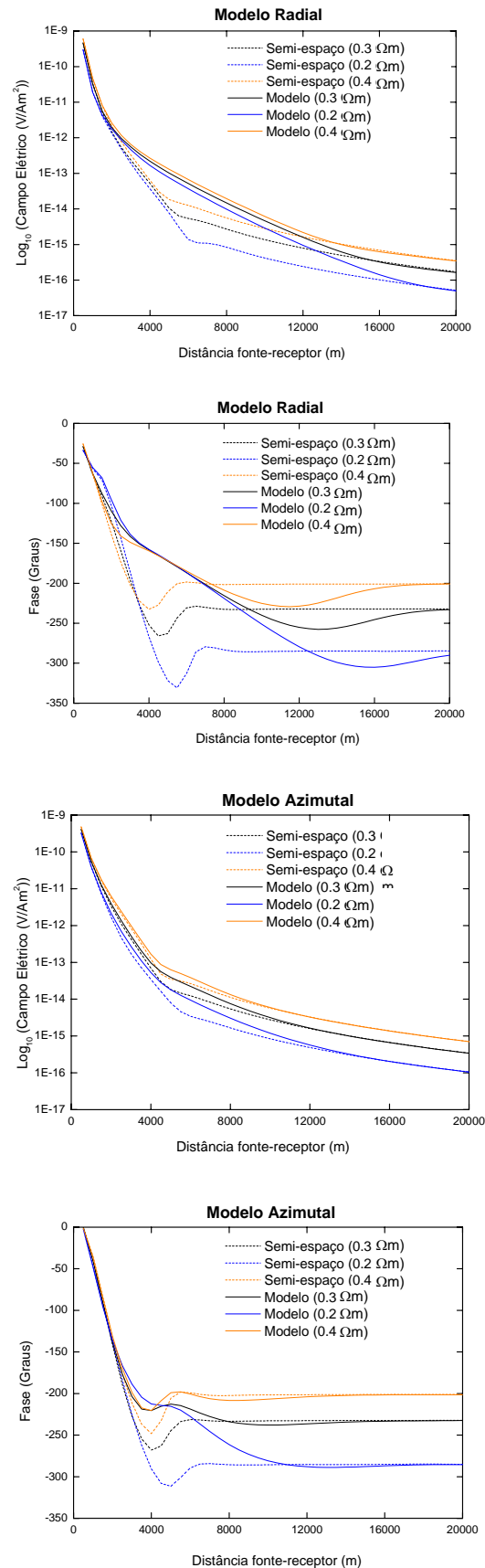


Figura 2: Resultados para o modelo inicial e para o modelo sem a camada resistiva, com três valores diferentes para a condutividade da água. Frequência de 0,5Hz

Percebemos que existe uma variação considerável nos resultados conforme alteramos o valor da resistividade da água.

Um aspecto notável do método MCSEM são os valores extremamente pequenos da amplitude dos campos medidos, como podemos perceber nas curvas da figura 2. Uma maneira de realçar as variações devidas à camada resistiva é calcular os valores de magnitude do campo gerado pelo modelo normalizado pelos valores gerados com o substrato homogêneo de resistividade igual ao *background* do modelo, em nosso caso, $1,0 \Omega m$. O campo normalizado para o modelo com a resistividade da água igual a $0,3 \Omega m$ é mostrado na figura 3.

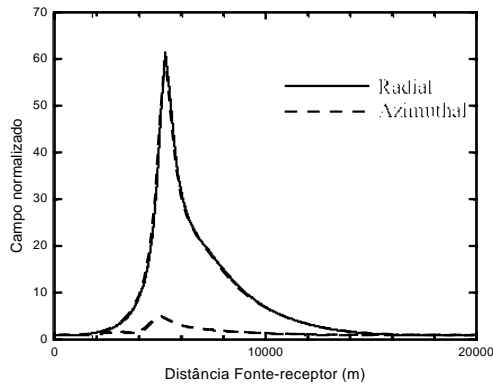


Figura 3: Amplitudes dos campos normalizadas para o modelo inicial com resistividade da água de $0,3 \Omega m$.

Construímos agora um modelo com o dipolo fonte em uma camada de água de 500m de espessura, com $0,3 \Omega m$ e sobreposta a essa, uma camada de 300m de espessura cuja resistividade fizemos ser igual a $0,2 \Omega m$ ou a $0,4 \Omega m$. Os resultados para os campos normalizados para esses dois modelos estão mostrados na figura 6.

Podemos perceber a variação nas curvas conforme alteramos a resistividade da camada superior.

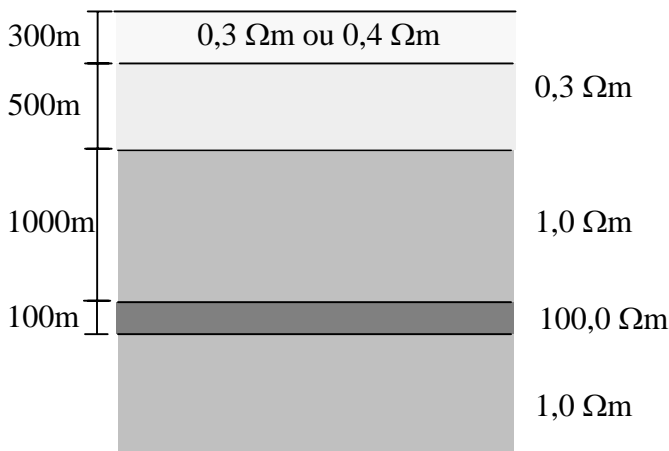


Figura 5: Modelo com duas camadas de resistividades diferentes na água.

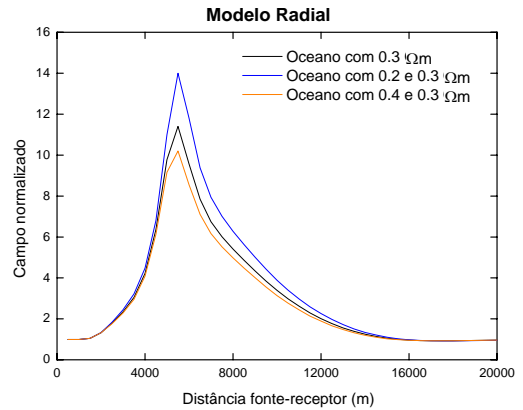
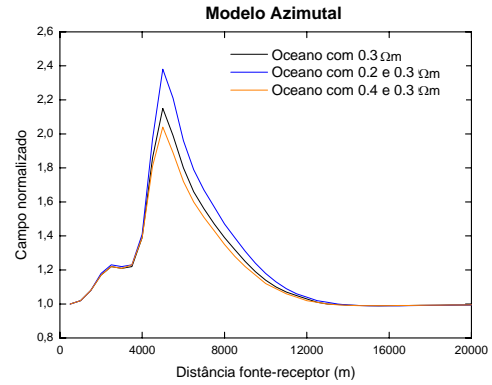


Figura 6: Amplitudes dos campos normalizadas para o modelo com duas camadas de resistividades diferentes na água.

Considerações finais

Conforme o método MCSEM ganha importância na prospecção de petróleo em águas profundas, modelos cada vez mais detalhados serão necessárias para auxiliar na interpretação dos dados. Resultados de modelagem em ambientes unidimensionais ainda são uma ferramenta útil para gerar *insights* e modelos que incluam detalhes mais finos podem acrescentar informações à discussão sobre o método.

Em particular, neste trabalho observamos que variações na resistividade da água do mar podem afetar significativamente os dados do método MCSEM. Um estudo mais detalhado sobre esses efeitos irá incluir a pesquisa sobre a motivação física para possíveis variações na resistividade da água e sobre seus efeitos em ambientes bi ou tri-dimensionais.

Na continuidade de nossa pesquisa, ainda abordaremos outros aspectos do método em modelos unidimensionais.

Agradecimentos

Este trabalho surgiu de uma sugestão do prof. Luiz Rijo, da UFPA. Agradecemos ao convênio UFPA/ANP-PRH-06, pela bolsa de estudos que possibilitou este trabalho, ao prof. Luiz Rijo e a Victor Souza pelas discussões que tem enriquecido esta pesquisa em andamento.

Referências Bibliográficas

Chave, A. D., S. C. Constable, & R. N. Edwards, 1991, Electrical exploration methods for the seafloor, in M. Nabighian, ed., Electromagnetic Methods in Applied Geophysics, 2: SEG, 931-966.

Constable, S. C., & C. J. Weiss, 2006, Mapping thin resistors and hydrocarbons with marine EM methods: Insights from 1D modeling, in Geophysics, Vol. 71, NO. 2 (March-April 2006); P. G43-G51, 11 Figs., 1 Table.

Eidesmo, T., Ellingsrud, S., MacGregor, L. M., Constable, S., Sinha, M.C., Johansen, S., Kong, F.N., & Westerdahl, H., 2002, Sea Bed Logging (SBL), a new method for remote and direct identification of hydrocarbon filled layers in deepwater areas. News feature, vol 20.3: 144-152.

Frayzer, A. L., 2003, Filtros otimizados para transformadas seno, co-seno e de Hankel J_0 , J_1 e J_2 . Tese de mestrado, Departamento de geofísica da Universidade Federal do Pará. Brasil.

Rijo, L., 2006, Electrical geophysics (1D earth modeling), in www.rijo.pro.br/pós-graduação.htm