

# ANÁLISE DE RESOLUÇÃO DE DADOS DE EMAP EM ESTRUTURAS BIDIMENSIONAIS.

Cícero Roberto Teixeira Régis & Luiz Rijo

Neste trabalho, fazemos uma análise do método EMAP (ElectroMagnetic Array Profiling), usando dados gerados por um programa que desenvolvemos para simular perfis de EMAP sujeitos a forte influência de efeitos estáticos ("static shift"). A elaboração do programa para filtragem dos efeitos estáticos foi baseada na teoria do método EMAP, que trabalha com um processo iterativo para determinação da abertura de janela, e que tem um bom desempenho, executando em um tempo muito curto o que é uma característica do método. Para analisar o poder de resolução do método, nós usamos modelos bidimensionais. O poder de resolução do método não é muito melhorado em relação ao método magnetotelúrico tradicional e o seu maior benefício é na remoção de efeitos estáticos, em que o método é muito eficiente, em contraste com o método magnetotelúrico.

**Palavras-chave:** Método magnetotelúrico; EMAP; Modelamento numérico.

**RESOLUTION OF EMAP DATA IN BI-DIMENSIONAL STRUCTURES -** *We perform an analysis of the EMAP (ElectroMagnetic Array Profiling) method using data generated by a finite element code that simulates an EMAP sounding with very strong static shift. To perform the filtering of the data we constructed a code, based on the published theory of the EMAP method, that works with the iterative process for finding the adequate window width in a very fast way, which is a characteristic of the EMAP method, with good results. Using two-dimensional models, we study the resolution of the method, which we found not to be very high, making it to be more adequate for the study of large structures. The greatest applicability of the method is in removing static distortions, in which it is very effective, in contrast with the Magnetotelluric method.*

**Key words:** Magnetotelluric method; EMAP; Numeric modeling.

Curso de Pós-Graduação em Geofísica  
Centro de Geociências - UFPA  
C.P. 309, Belém, PA  
E-mail: cicero@cg.ufpa.br  
rijo@cg.ufpa.br

## INTRODUÇÃO

O método magnetotelúrico (MT) é conhecido desde a década de 1950. Neste método são medidas as componentes elétrica e magnética do campo eletromagnético natural. A componente elétrica é medida através de um arranjo de dois dipolos elétricos dispostos de maneira a separar o campo elétrico ( $\mathbf{E}$ ) em duas componentes horizontais perpendiculares. A componente magnética é medida com três bobinas, duas horizontais e uma vertical, de modo que o campo magnético ( $\mathbf{H}$ ) seja decomposto em três componentes perpendiculares. As componentes horizontais dos campos elétrico e magnético podem ser agrupadas de modo a formar um tensor de impedância.

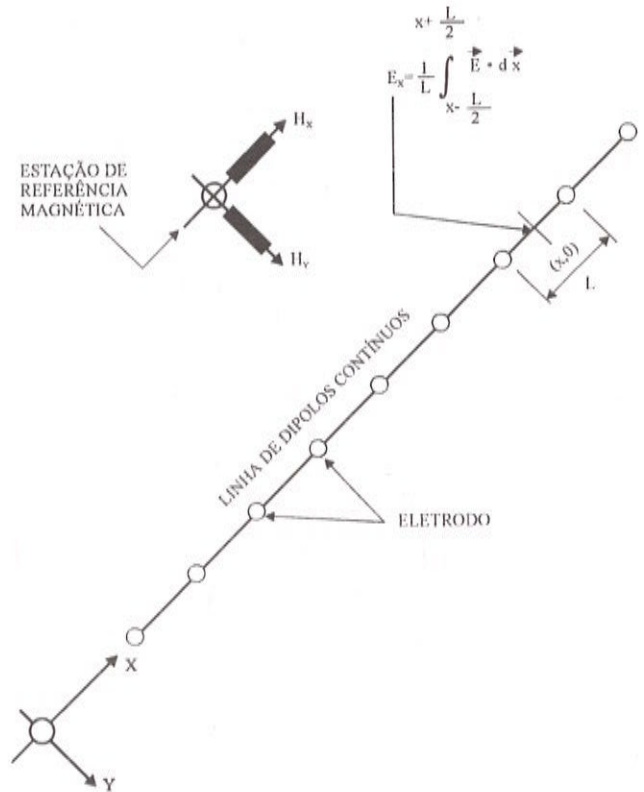
Este arranjo para as medidas dos campos é chamado sondagem MT de cinco componentes. Por muitos anos tem sido o método mais usado para coletar dados MT, em problemas de exploração.

Entretanto, este método está sujeito a um problema que é comum aos métodos eletromagnéticos: as distorções do campo eletromagnético devido à presença de heterogeneidades próximas da superfície ou à topografia, conhecidas como distorções estáticas. Estas distorções provocam deslocamentos nas curvas de resistividade aparente do método MT, para cima ou para baixo, superestimando ou subestimando a resistividade da subsuperfície.

Um método recente criado para eliminar o efeito das distorções estáticas é o EMAP (*Electro-Magnetic Array Profiling*) que usa um arranjo de eletrodos diferente das sondagens MT tradicionais (Bostick, 1986). No EMAP, as medidas do campo elétrico são feitas em uma série de dipolos dispostos em uma linha contínua, como é mostrado na Fig. 1. As medidas do campo magnético são feitas simultaneamente, relacionando-se várias medidas de campo elétrico a uma mesma medida de campo magnético. Com os dados coletados desta maneira, é aplicado um filtro espacial dependente da frequência para eliminar grande parte das distorções estáticas.

Neste trabalho, apresentamos os resultados que obtivemos com um programa que desenvolvemos, com base na teoria publicada sobre o EMAP, principalmente em Torres-Verdín & Bostick (1992a, 1992b), para filtrar distorções estáticas em dados coletados com dipolos contínuos, o qual foi aplicado em dados gerados a partir de modelos sintéticos bidimensionais. Modelamos aqui sempre o modo TM,

que é o que apresenta o efeito das distorções estáticas, devido à descontinuidade do campo elétrico nas interfaces dos corpos bidimensionais.



**Figura 1** - Arranjo para aquisição dos dados do método EMAP. (Torres-Verdín & Bostick, 1992b)

*Figure 1* - Field set up of the EMAP method. (Torres-Verdín & Bostick, 1992b)

## O EMAP

O filtro do EMAP surge a partir da aplicação, para o cálculo dos campos magnetotelúricos, da aproximação de Born, na qual a resposta dos campos EM é linearizada em relação às resistividades na subsuperfície.

Sendo os campos primários, para o semi-espaço homogêneo, dados por  $\mathbf{E}^p(z_0) = E_0 e^{-ikz_0} \hat{\mathbf{i}}$  e  $\mathbf{H}^p(z_0) = H_0 e^{-ikz_0} \hat{\mathbf{j}}$  (onde  $E_0$  e  $H_0$  são os valores dos campos na superfície ( $z = 0$ ),  $k$  é o número de onda do meio e  $z_0$  é a distância até a superfície), e empregando a aproximação de Born para o campo elétrico, as componentes do campo elétrico secundário são dadas por

$$E_j^s(\mathbf{r}) = \int_{z_0} G_j(\mathbf{r}, \mathbf{r}_0) \Delta \sigma(\mathbf{r}_0) E_0 e^{-ikz_0} d\tau_0, \quad (1)$$

onde a função  $G_j(\mathbf{r}, \mathbf{r}_0)$  representa a componente  $j$ -ésima ( $j = x, y, z$ ) do campo elétrico devido a um dipolo infinitesimal centrado em  $\mathbf{r}_0$  e orientado na direção do eixo  $x$  e  $\Delta\sigma$  representa o contraste de condutividade entre o meio encaixante (semi-espaco homogêneo) e a heterogeneidade que gera o campo secundário.

Fazemos  $\bar{\sigma} = \frac{\Delta\sigma}{\sigma_0}$ , em que  $\sigma_0$  é a condutividade do semi-espaco, e definimos a função

$$K_j(\mathbf{r}, \mathbf{r}_0) = \sigma_0 G_j(\mathbf{r}, \mathbf{r}_0) e^{-ikz_0}. \quad (2)$$

Aplicamos a transformada de Fourier bidimensional de  $E_j$ ,  $K_j$  e  $\bar{\sigma}$  do domínio  $(x, y, z_0)$  para o domínio  $(\xi, \eta, z_0)$ , definindo

$$\begin{aligned} E_j^s(\xi, \eta) &= \mathcal{F}[E_j(x, y, 0)], \\ K_j^s(\xi, \eta, z_0) &= \mathcal{F}[K_j(x, y, z_0)], \\ P(\xi, \eta, z_0) &= \mathcal{F}[\bar{\sigma}(x, y, z_0)]. \end{aligned}$$

Assim, a transformada da Eq. (1) é dada por:

$$\frac{E_j^s(\xi, \eta)}{E_0} = \int_0^\infty P(\xi, \eta, z_0) K_j^s(\xi, \eta, z_0) dz_0. \quad (3)$$

A forma da função de transferência  $K_j^s(\xi, \eta, z_0)$ , assim como da correspondente para o campo magnético é derivada em detalhes em Torres-Verdín & Bostick (1992a), a partir da decomposição em ondas planas dos campos eletromagnéticos de um dipolo elétrico. A função de transferência para o campo elétrico tem a seguinte forma, no caso 2D e modo TM:

$$K_j^s(\omega, \xi, z_0) = (i\omega\mu\sigma_0 + \xi^2) \frac{1}{i\xi} e^{-i(\zeta+k)z_0} \quad (4)$$

em que  $\zeta = -i\sqrt{i\omega\mu\sigma_0 + \xi^2 + \eta^2}$ .

O primeiro termo da soma na equação acima varia conforme a frequência, e é chamado de termo indutivo. Este

termo tende a zero com a frequência. O segundo termo da soma é chamado termo estático e não depende da frequência, assim, a equação tende para um valor constante conforme a frequência vai diminuindo. Este termo é responsável pela distorção estática nos levantamentos magnetotélúricos.

Note que o termo estático produz uma amplitude maior do que o termo indutivo, para uma mesma frequência, quando temos

$$\xi^2 > \omega\mu\sigma_0. \quad (5)$$

Assim, para suprimir os efeitos estáticos, devemos eliminar a influência do termo estático, filtrando os números

de onda acima do valor  $\xi = \sqrt{\omega\mu\sigma_0}$  com um filtro passa baixa aplicado sobre os valores do campo elétrico medidos na superfície.

Para aplicar um filtro adequadamente, o EMAP utiliza uma técnica de coleta dos dados em uma linha contínua de dipolos, de maneira que as medidas de campo elétrico sejam igualmente espaçadas e obtidas ao mesmo tempo. Para o cálculo das impedâncias, as medidas de campo magnéticos são feitas em um ou mais pontos na área em estudo e todas as medidas de campo elétricos são relacionadas apenas a uma medida do campo magnético.

O filtro usado no EMAP é a janela de Hanning na forma discretizada. Entretanto, para cada ponto da linha de dipolos e para cada frequência, precisamos de um valor adequado para a abertura da janela do filtro, que é inversamente proporcional ao número de onda de corte. Para escolher este valor de abertura da janela, verifica-se que o número de onda de corte é igual à profundidade de penetração de Bostick, definida como (Torres-Verdín & Bostick, 1992a):

$$z_B(x, \omega) = \frac{1}{\omega\mu_0} |Z_{xy}(x, \omega)|, \quad (6)$$

onde  $Z_{xy}$  é uma componente do tensor de impedância. Como a abertura da janela ( $W$ ) do filtro é inversamente proporcional ao número de onda de corte, podemos escrever:

$$W(x, \omega) = cz_B(x, \omega). \quad (7)$$

Na equação acima,  $c$  é uma constante arbitrária, usada para controlar um processo iterativo de escolha da janela adequada para cada frequência e cada posição na linha de dipolos. Este processo iterativo é necessário já que as impedâncias estão contaminadas pelo efeito estático e não podemos determinar  $W$  apenas a partir da Eq. (7). As etapas do processo iterativo são as seguintes:

- 1 - Escolhe-se um valor inicial de  $W$ ;
- 2 - filtram-se as impedâncias usando o filtro com o valor inicial da janela;
- 3 - calcula-se um valor de  $z_{ij}$  com as impedâncias filtradas e, usando a Eq. (7), determina-se um novo valor para  $W$ .

Estes passos são repetidos até que haja convergência para um valor de janela que satisfaça a Eq. (7). Detalhes sobre este processo iterativo, bem como sobre sua implementação podem ser encontrados em Régis (1994).

O EMAP tem se mostrado bastante eficaz para remover os efeitos estáticos em vários modelos (Torres-Verdín & Bostick, 1992b). Neste trabalho, aplicamos o EMAP em dados de modelos 2D, gerados com um algoritmo de elementos finitos (Rijo, 1977, 1982), nos quais estão presentes fortes distorções estáticas provocadas por corpos aflorantes.

## MÉTODO DE ANÁLISE

Inicialmente, investigamos o poder de resolução lateral do método EMAP através de modificações de um modelo básico que é uma adaptação de Torres-Verdín & Bostick (1992b). A Fig. 2 mostra o modelo inicial a partir do qual foi feito o estudo. O objetivo é estudar a distorção provocada pela presença dos corpos condutores na camada superior, sobre a determinação da profundidade do embasamento. Tentamos ainda obter uma boa definição dos dois corpos ao levantamento.

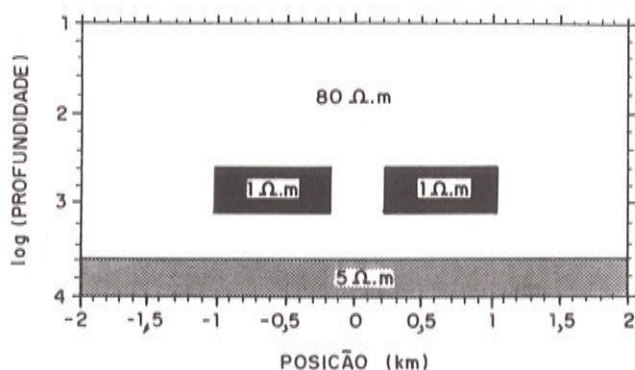


Figura 2 - Modelo 1.

Figure 2 - Model 1.

A resolução do método depende de vários fatores. Podemos citar os seguintes:

- O comprimento dos dipolos usados para a coleta dos dados. Dipolos maiores proporcionam maior proteção contra efeitos estáticos, mas perdem resolução lateral e vice-versa. Para nossas simulações usamos dipolos de 100 m de comprimento, os quais são muito afetados pelos efeitos dos corpos aflorantes, de 200 m de largura;
- O tamanho da linha de dipolos. No nosso caso, simulamos uma linha de 4 km de extensão, suficiente para cobrir totalmente os corpos;
- O valor da constante  $c$ . O valor de  $c$  tem grande influência sobre a resolução do EMAP, pois esta constante controla a convergência do processo de escolha da janela. Para gerar as figuras apresentadas aqui, filtramos cada modelo com diferentes valores de  $c$  e escolhemos sempre o caso de melhor resultado, ou seja, aquele em que a profundidade e a estrutura plana do embasamento são bem determinadas, e no qual os corpos são melhor discriminados. No caso de dados reais, devemos procurar levar em conta toda informação disponível sobre a área em estudo, além dos dados de EMAP, para decidir qual o valor de  $c$  que fornece o resultado mais coerente com a geologia do local.
- O tamanho e a profundidade dos corpos. Neste estudo, começamos com corpos de 800 m de largura e 700 m de espessura, localizados 400 m abaixo da superfície, os quais são bem detectados pelo método, e diminuimos gradualmente esta largura até o limite onde os corpos não são mais detectados;
- O contraste de resistividade entre os corpos e o meio encaixante. Começamos o estudo com um contraste relativamente alto e diminuimos até os corpos não serem mais detectados.

O passo seguinte é acrescentar fontes de distorções estáticas superficiais, simulando um manto de intemperismo, e novamente tentar identificar os corpos e o topo do embasamento.

Em seguida, investigamos a capacidade do método em detectar camadas, marcando suas profundidades e espessuras, através de dois modelos simples nos quais uma camada se interpõe em um meio homogêneo sujeito ao mesmo manto de intemperismo que os modelos anteriores.

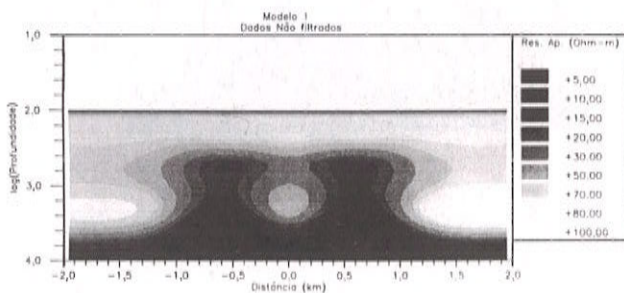
Por fim, estudamos o modelo de um dique que corta uma estrutura de camadas a fim de verificar a influência de um corpo grande entre várias camadas.

## RESULTADOS

Nas figuras a seguir estão mostrados os modelos usados para simular os levantamentos de EMAP e os resultados destas simulações e da aplicação do filtro aos dados gerados. Notemos que, em todos os modelos apresentados aqui, foram simuladas linhas compostas por quarenta dipolos de 100 metros cada, com medidas feitas em 31 frequências diferentes, variando logarithmicamente entre  $10^{-3}$  e  $10^3$  Hz. Para todos os modelos, o programa para filtragem dos dados demorou em torno de 3 segundos para processar as 40 posições da linha para cada uma das 31 frequências, rodando em uma estação IBM RISC/6000, modelo 560.

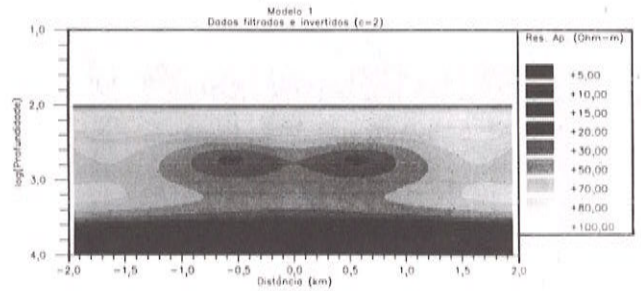
Para obter as seções de resistividade aparente versus profundidade, aplicamos a inversão de Bostick para cada posição da linha de dipolos. Para uma mesma frequência, em diferentes posições, a inversão nos fornece profundidades diferentes, devido às diferentes resistividades envolvidas. Para a frequência mais alta, temos a primeira profundidade observada em cada ponto da linha. Em nossas figuras, as posições acima desta primeira profundidade foram deixadas em branco, daí a aparente topografia irregular das seções apresentadas aqui.

Na Fig. 3 está mostrada a seção de resistividade aparente versus profundidade para os dados brutos no modelo da Fig. 2. Notamos que os dados do embasamento são completamente distorcidos pelos efeitos estáticos provocados pelos corpos na camada superior, dando a impressão de uma estrutura dômica. Após a filtragem e inversão dos dados obtemos o resultado mostrado na Fig. 4. Notamos que o embasamento já é bem determinado, sem distorções, além do que, a presença dos corpos é bem detectada, sendo corretamente marcadas as profundidades do modelo.



**Figura 3** - Seção de resistividade aparente versus profundidade para os dados não filtrados do modelo 1.

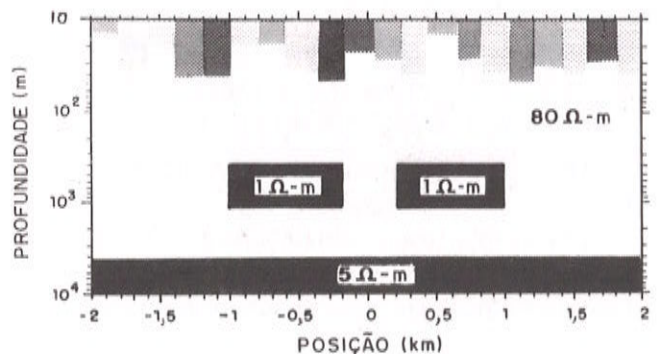
*Figure 3 - Apparent resistivity section for model 1.*



**Figura 4** - Seção de resistividade aparente versus profundidade para as impedâncias filtradas e feita a inversão de Bostick, para o modelo 1 ( $\epsilon = 2$ ).

*Figure 4 - Apparent resistivity section for filtered and inverted data of model 1 ( $\epsilon = 2$ ).*

A seguir, acrescentamos ao modelo anterior uma série de corpos aflorantes com resistividades e profundidades variáveis, simulando um manto de intemperismo, que provoca efeitos estáticos muito fortes (Fig. 5). Na Fig. 6, apresentamos os dados não filtrados deste modelo, e verificamos que não se pode determinar nenhuma feição com clareza nestes dados. Nem mesmo a estrutura dômica fictícia do embasamento pode ser observada. Na Fig. 7 temos o resultado da aplicação do filtro sobre este modelo. Verificamos que a profundidade do embasamento é bem marcada e que a presença dos dois corpos é melhor detectada.



**Figura 5** - Modelo 2.

*Figure 5 - Model 2.*

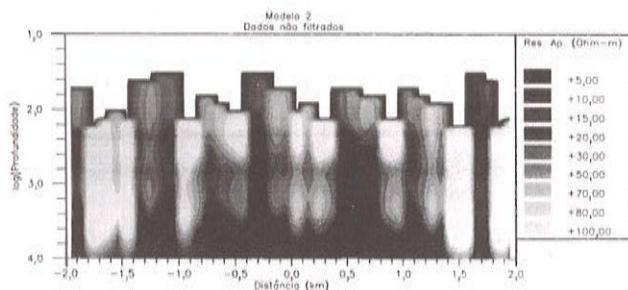


Figura 6 - Seção de resistividade aparente versus profundidade para os dados não filtrados do modelo 2.

Figure 6 - Apparent resistivity section for model 2.

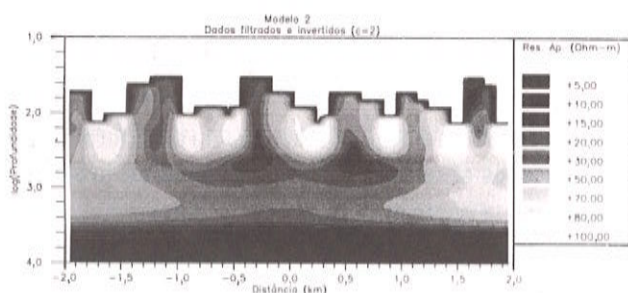


Figura 7 - Seção de resistividade aparente versus profundidade para as impedâncias filtradas e feita a inversão de Bostick, para o modelo 2 ( $c = 2$ ).

Figure 7 - Apparent resistivity section for filtered and inverted data of model 2 ( $c = 2$ ).

Notamos que nos dois casos apresentados, a presença dos corpos é bem observada, mas as características dos mesmos (tamanho e resistividade) não são bem determinadas. O EMAP consegue remover a maior parte das distorções estáticas, mas o poder de resolução do método é limitado, semelhante aos demais métodos eletromagnéticos.

Quando os corpos são diminuídos para uma largura de 600 m, obtemos o resultado mostrado na Fig. 8. Já se torna muito difícil identificar a presença dos corpos. Percebemos que o método já não tem resolução suficiente para detectar aqueles corpos, apesar do contraste de resistividade do corpo com o meio encaixante ser considerável.

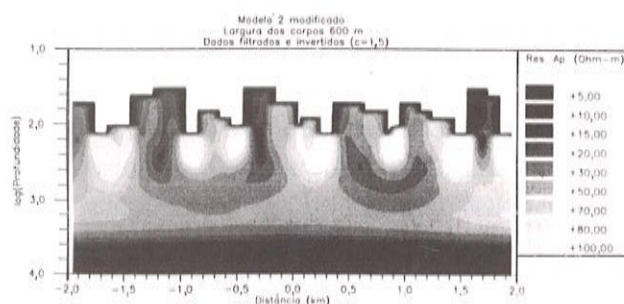


Figura 8 - Seção de resistividade aparente versus profundidade para as impedâncias filtradas e feita a inversão de Bostick, para o modelo com os corpos de 600 metros ( $c = 1.5$ ).

Figure 8 - Apparent resistivity section for filtered and inverted data of the modified model 1, with bodies 600 m wide ( $c = 1.5$ ).

Para verificar a influência do contraste sobre a resolução do método variamos a resistividade dos corpos mostrados na Fig. 5, mantendo as mesmas dimensões de largura, profundidade e espessura e o mesmo modelo encaixante. Nas Figs. 9 e 10 temos, respectivamente, os resultados obtidos com os corpos com resistividade de 5 Ohm-m, 20 Ohm-m. Verificamos que conforme o contraste diminui, a resposta dos corpos vai ficando gradualmente menos clara, sendo que corpos de 20 Ohm-m já não são percebidos.

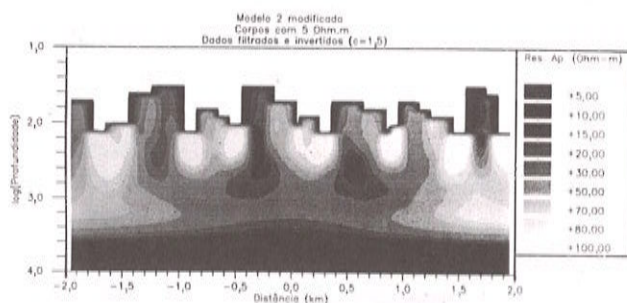
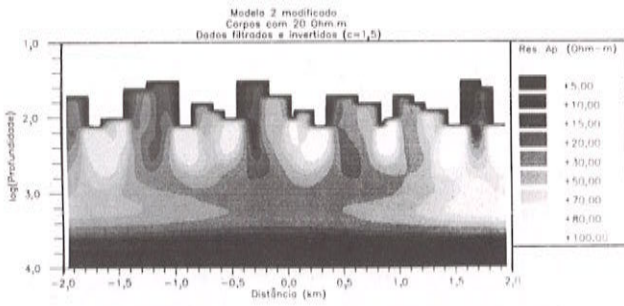


Figura 9 - Seção de resistividade aparente versus profundidade para as impedâncias filtradas e feita a inversão de Bostick, para o modelo com os corpos com resistividade de 5 Ohm.m ( $c = 1.5$ ).

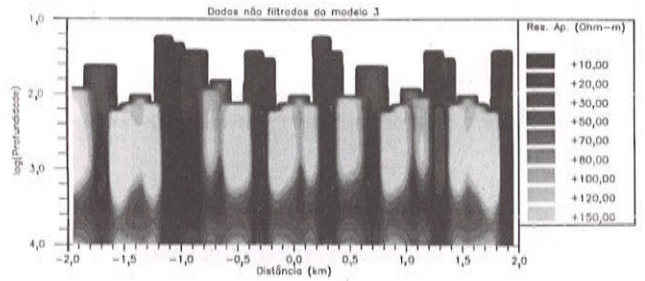
Figure 9 - Apparent resistivity section for filtered and inverted data of the modified model 1, with bodies of 5 Ohm.m resistivity ( $c = 1.5$ ).



**Figura 10** - Seção de resistividade aparente versus profundidade para as impedâncias filtradas e feita a inversão de Bostick, para o modelo com os corpos com resistividade de 20 Ohm.m ( $c = 1,5$ ).

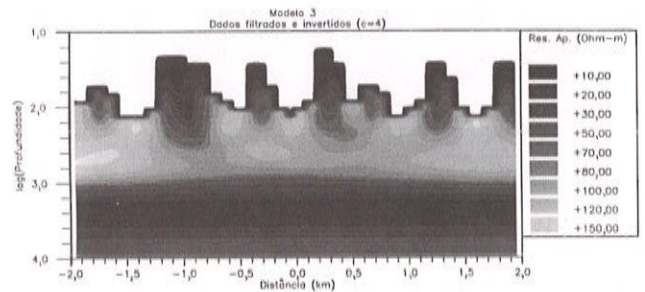
*Figure 10* - Apparent resistivity section for filtered and inverted data of the modified model 1, with bodies of 20 Ohm.m resistivity ( $c = 1.5$ ).

Na Fig. 11 temos um modelo de camada no qual uma camada condutiva de 10 Ohm.m se interpõe em um meio resistivo sujeito a um manto de intemperismo. Os dados não filtrados são mostrados na Fig. 12. Na Fig. 13 temos o resultado da aplicação do filtro neste modelo. Podemos perceber que a profundidade e a espessura da camada são bem determinadas. De modo semelhante, temos um modelo no qual uma camada resistiva se interpõe em um meio condutivo (Figs. 14, 15 e 16); mais uma vez percebemos que a camada é bem detectada pelo método após a aplicação do processo de filtragem.



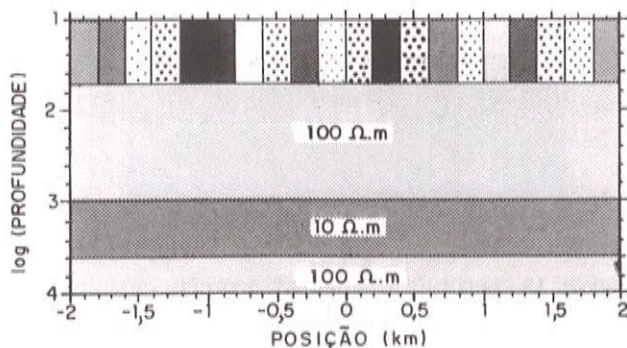
**Figura 12** - Seção de resistividade aparente versus profundidade para os dados não filtrados do modelo 3.

*Figure 12* - Apparent resistivity section for model 3.



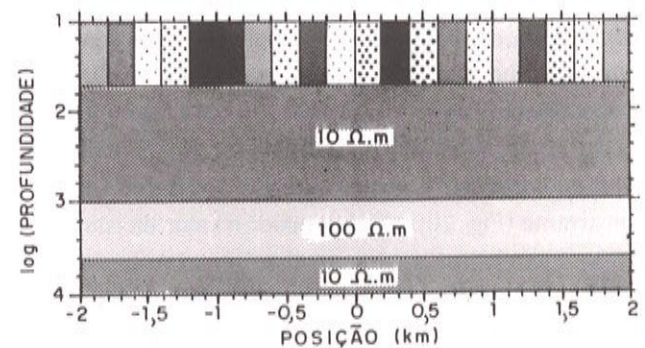
**Figura 13** - Seção de resistividade aparente versus profundidade para as impedâncias filtradas e feita a inversão de Bostick, para o modelo 3 ( $c = 4$ ).

*Figure 13* - Apparent resistivity section for filtered and inverted data of model 3 ( $c = 4$ ).



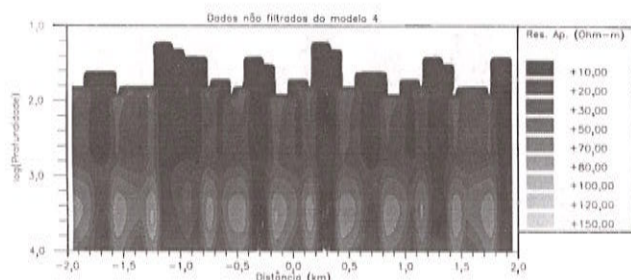
**Figura 11** - Modelo 3.

*Figure 11* - Model 3.



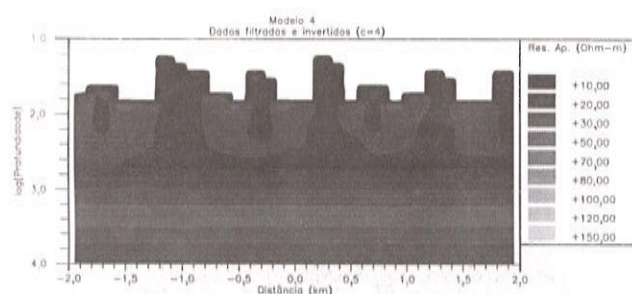
**Figura 14** - Modelo 4.

*Figure 14* - Model 4.



**Figura 15** - Seção de resistividade aparente versus profundidade para os dados não filtrados do modelo 4.

*Figure 15 - Apparent resistivity section for model 4.*

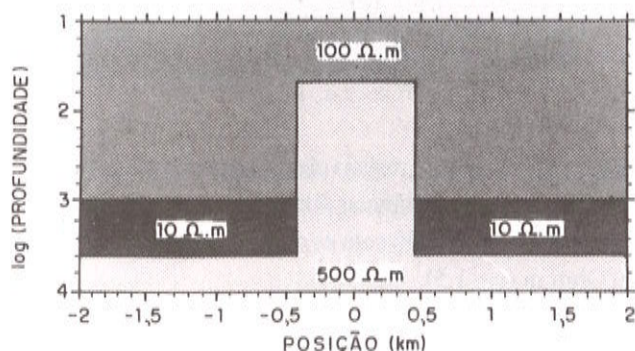


**Figura 16** - Seção de resistividade aparente versus profundidade para as impedâncias filtradas e feita a inversão de Bostick, para o modelo 4 ( $c = 4$ ).

*Figure 16 - Apparent resistivity section for filtered and inverted data of model 4 ( $c = 4$ ).*

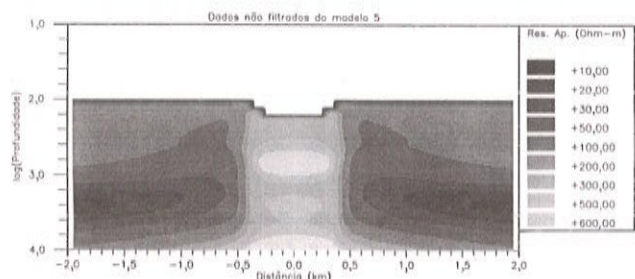
O último modelo estudado é o de um dique que corta as camadas a partir do embasamento (Figs. 17, 18, 19 e 20). Neste modelo, o compromisso entre o valor da constante  $c$ , a resolução lateral do método e as características do modelo é evidenciado de maneira clara. Os dados não filtrados mostram a presença da camada e do dique (Fig. 18); quando filtramos os dados, com  $c=1$  vemos que o dique aparece cortado como se fosse um corpo isolado acima do embasamento (Fig. 19); quando filtramos com um valor maior de  $c$ , este efeito é ainda mais acentuado, sendo que notamos diminuir o contraste entre a camada e o meio encaixante (Fig. 20). Quanto maior o valor da constante, maior é a influência de pontos distantes sobre a média que é feita pelo filtro, assim, para valores maiores de  $c$ , temos uma maior homogeneização nos dados filtrados. Este mesmo efeito pode ser observado nos dados do primeiro modelo, para os quais o melhor valor para a constante foi sempre um valor intermediário, variando entre 2 e 3. Neste último

modelo, ao contrário do que ocorre no primeiro, a aplicação do filtro, qualquer que seja o valor da constante  $c$ , tende a diminuir a resolução da resposta.



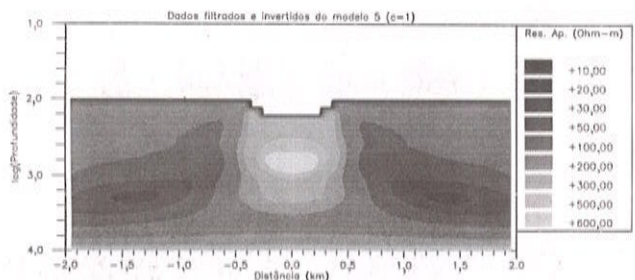
**Figura 17** - Modelo 5.

*Figure 17 - Model 5.*



**Figura 18** - Seção de resistividade aparente versus profundidade para os dados não filtrados do modelo 5.

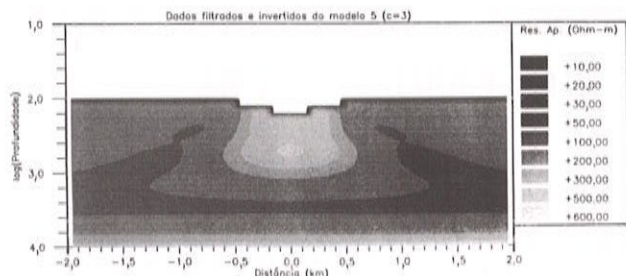
*Figure 18 - Apparent resistivity section for model 5.*



**Figura 19** - Seção de resistividade aparente versus profundidade para as impedâncias filtradas e feita a inversão de Bostick, para o modelo 5 ( $c = 1$ ).

*Figure 19 - Apparent resistivity section for filtered and inverted data of model 5 ( $c = 1$ ).*





**Figura 20** - Seção de resistividade aparente versus profundidade para as impedâncias filtradas e feita a inversão de Bostick, para o modelo 5. ( $c = 3$ )

*Figure 20* - Apparent resistivity section for filtered and inverted data of model 5 ( $c = 3$ ).

## CONCLUSÃO

O método EMAP se mostra eficaz para remover distorções estáticas geradas por corpos na superfície e em profundidade. Podemos observar que a resposta do método é bastante linear em relação às variações de resistividade na subsuperfície. Variações no tamanho e na resistividade dos corpos estudados provocam mudanças nas respostas obtidas proporcionais àquelas variações.

A resolução dos resultados de filtragem pelo EMAP depende de escolha judiciosa da constante  $c$ , que é teoricamente arbitrária. Essa constante é um fator multiplicativo para a largura da janela do filtro a ser aplicada, sendo assim, sua escolha deve obedecer ao mesmo compromisso que existe, para a abertura da janela, entre remoção dos efeitos estáticos e resolução lateral. Aberturas grandes de janela proporcionam maior redução dos efeitos estáticos, mas, por outro lado, quanto maior for a largura da janela menor será a resolução lateral do método.

O EMAP não melhora significativamente a resolução em relação ao método magnetotelúrico clássico, a exemplo dos métodos eletromagnéticos tradicionais. Pelo que podemos ver aqui, o EMAP pode ser muito eficaz na investigação de grandes estruturas e o seu maior benefício é na remoção dos efeitos estáticos, em que o método é muito eficiente, em contraste com o método magnetotelúrico.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do CNPq, FINEP, PETROBRAS e GTZ (Germany) dado a esta pesquisa.

Um dos autores (Régis) agradece em especial ao NPI da UFFa, sem cujo apoio este trabalho não seria realizado.

## REFERÊNCIAS

- BOSTICK, F. X.** - 1986 - Electromagnetic array profiling (EMAP). In: SOC. EXPL. GEOPHIS. ANN. INTERNAT. MTG., 56., Houston, 1986. Expanded abstr. Tulsa, SEG. p.60-61.
- RÉGIS, C. R. T.** - 1994 - Modelagem e filtragem de distorções estáticas em levantamentos de dipolos contínuos. Tese de mestrado, Belém, Universidade Federal do Pará. 53p.
- RIJO, L.** - 1977 - Modeling of electric and electromagnetic data. PhD thesis, Salt Lake City, University of Utah, 242p.
- RIJO, L.** - 1982 - Mathematical modelling of applied geoelectromagnetism. Proceedings of the International Symposium on Applied Geophysics in Tropical Regions, Belém, Brazil. 1-8: 429-471.
- TORRES-VERDÍN, C. & BOSTICK, F. X.** - 1992a - Implications of the Born approximation for the magnetotelluric problem in three-dimensional environments. *Geophysics*, 57(4):587-602.
- TORRES-VERDÍN, C. & BOSTICK, F. X.** - 1992b - Principles of Spatial Surface electric field filtering in Magnetotellurics: Electromagnetic Array Profiling. *Geophysics*, 57(4):603-622.

Submetido em: 07/02/95

Revisado pelo(s) autor(es): 27/11/95

Accito em: 30/11/95

## Resolution of EMAP Data in Bi-dimensional Structures

We perform an analysis of the EMAP (ElectroMagnetic Array Profiling) method using data generated by a finite element code that simulates an EMAP sounding with very strong static shift. To perform the filtering of the data we constructed a code, based on the published theory of the EMAP method, that works with the iterative process for finding the adequate window width in a very fast way, which is a characteristic of the EMAP method, with good results. Using two-dimensional models, we study the resolution of the method, which we found not to be very high, making it to be more adequate for the study of large structures. The greatest applicability of the method is in removing static distortions, in which it is very effective, in contrast with the Magnetotelluric method.

In the first part of this paper we make an overview on the theory of the EMAP method and on the interactive process used to determine the best window width (for a

Hanning window filter) for each frequency and position on the EMAP line.

Then we analyze the performance of the filter in three different model types. In the first model we show that the presence of anomalous bodies inside a two layer earth can deform the response of the basement layer and we try to determine the correct basement response as well as the position and depth of the bodies, with and without an overburden layer that completely distorts the model responses.

Next we try to determine the correct position of a layer in a three layer model with very strong static distortion due to an overburden. We do this for a conductive layer inside a resistive environment and for a resistive layer inside a conductive environment.

Finally we show that the filtering process can deform the response of a clean (without static shift) model, creating a wrong image from an otherwise good resistivity section. This is done in a model of a dike in a three layer earth.

## NOTAS SOBRE OS AUTORES NOTES ABOUT THE AUTHORS

### Cícero Roberto Teixeira Régis

Licenciado em Física pela Universidade Federal do Pará, Mestre em Geofísica (1994) pelo CPGf (Curso de Pós-Graduação em Geofísica da UFPa), com a dissertação intitulada "*Modelagem e Filtragem de Distorções Estáticas em Levantamentos de Dipolo Contínuos*". Atualmente cursando o doutorado em Geofísica no CPGf. É professor de Física no 2º Grau do Núcleo Pedagógico Integrado da UFPa. Sócio da SBGf e da SEG.

### Luiz Rijo

Formado em Geologia (1965) pela UFPE, em Matemática (1969) também pela UFPE, Ph.D. em Geofísica

(1977) pela Universidade de Utah e Pós-doutorado (1983-84) no Earth Science Laboratory, Utah - USA. Professor Adjunto IV da UFPa. Subchefe do Departamento de Geofísica do Centro de Geociências da UFPa de 02/1992 a 02/1996. Tem mais de duas dezenas de artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais. Já orientou doze teses de mestrado e doutorado no Curso de Pós-Graduação em Geofísica da UFPa. É membro do Comitê Assessor em Geofísica do CNPq e do GT/GTM do MCT/FINEP. Membro da SBGf, SEG, SBM, AMS, SIAM e IEEE. Área de especialização: Métodos elétricos e eletromagnéticos aplicados à exploração de petróleo, mineral e de água subterrânea. Editor Associado da Revista Brasileira de Geofísica - SBGf.