

REGIÃO DO ESPAÇO QUE MAIS INFLUENCIA EM MEDIDAS ELETRO-MAGNÉTICAS NO DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA: CASO DE UMA LINHA DE CORRENTE SOBRE UM SEMI-ESPAÇO CONDUTOR

Brito, L. P. de

Tese de Doutorado em Geofísica Aplicada
Data da Aprovação: 31.08.1994 (CG/UFPa)
Orientador: Carlos A. Dias

Localizar em subsuperfície a região que mais influencia nas medidas obtidas na superfície da Terra é um problema de grande relevância em qualquer área da Geofísica. Neste trabalho, é feito um estudo sobre a localização dessa região, denominada aqui *zona principal*, para métodos eletromagnéticos no domínio da frequência, utilizando-se como fonte uma linha de corrente na superfície de um semi-espaço condutor. No modelo estudado, tem-se, no interior desse semi-espaço, uma heterogeneidade na forma de camada infinita, ou de prisma com seção reta quadrada e comprimento infinito, na direção da linha de corrente. A diferença entre a medida obtida sobre o semi-espaço contendo a heterogeneidade e aquela obtida sobre o semi-espaço homogêneo, depende, entre outros parâmetros, da localização da heterogeneidade em relação ao sistema transmissor-receptor. Portanto, mantidos constantes os demais parâmetros, existirá uma posição da heterogeneidade em que sua influência é máxima nas medidas obtidas. Como esta posição é dependente do contraste de condutividade, das dimensões da heterogeneidade e da frequência da corrente no transmissor, fica caracterizada uma região e não apenas uma única posição em que a heterogeneidade produzirá a máxima influência nas medidas. Esta região foi denominada *zona principal*. Identificada a zona principal, torna-se possível localizar com precisão os corpos que, em superfície, provocam as anomalias observadas. Trata-se geralmente de corpos condutores de interesse para algum fim determinado. A localização desses corpos na prospecção, além de facilitar a exploração, reduz os custos de produção. Para localizar a zona principal, foi definida uma função *Detetabilidade* (Δ), capaz de medir a influência da heterogeneidade nas medidas. A função Δ foi calculada para amplitude e fase das componentes tangencial (H_x) e normal (H_z) à superfície terrestre do campo magnético medido no receptor. Estudando os termos da função Δ sob variações de condutividade, tamanho e profundidade da heterogeneidade, em modelos unidimensionais e bidimensionais, foram obtidas as dimensões da zona principal, tanto lateralmente como em

profundidade. Os campos eletromagnéticos em modelos unidimensionais foram obtidos de forma híbrida, resolvendo numericamente as integrais obtidas da formulação analítica. Para modelos bidimensionais, a solução foi obtida através da técnica de elementos finitos. Os valores máximos da função Δ , calculada para amplitude de H_x , mostraram-se os mais indicados para localizar a zona principal. A localização feita através desta grandeza apresentou-se mais estável do que através das demais, sob variação das propriedades físicas e dimensões geométricas, tanto dos modelos unidimensionais. No caso da heterogeneidade condutora ser uma camada horizontal infinita (caso 1D), a profundidade do plano central dessa camada vem dada pela relação $p_0 = 0,17 \delta_0$, onde p_0 é essa profundidade e δ_0 o "skin depth" da onda plana (em um meio homogêneo de condutividade igual à do meio encaixante (σ_1) e a frequência dada pelo valor de ω em que ocorre o máximo de Δ calculada para a amplitude de H_x). No caso de uma heterogeneidade bidimensional (caso 2D), as coordenadas do eixo central da zona principal vêm dadas por $d_0 = 0,77 r_0$ (sendo d_0 a distância horizontal do eixo à fonte transmissora) e $p_0 = 0,36 \delta_0$ (sendo p_0 a profundidade do eixo central da zona principal), onde r_0 é a distância transmissor-receptor e δ_0 o "skin depth" da onda plana, nas mesmas condições já estipuladas no caso 1D. Conhecendo-se os valores de r_0 e δ_0 para os quais ocorre o máximo de Δ , calculado para a amplitude de H_x , pode-se determinar (d_0, p_0). Para localizar a zona principal (ou, equivalentemente, uma zona condutora anômala em subsuperfície), sugere-se um método que consiste em associar cada valor da função Δ da amplitude de H_x a um ponto (d, p), gerado através das relações $d = 0,77 r$ e $p = 0,36 \delta$, para cada ω , em todo o espectro de frequências das medidas, em um dado conjunto de configurações transmissor-receptor. São, então, traçadas curvas de contorno com os isovalores de Δ que vão convergir, na medida em que o valor de Δ se aproxima do máximo, sobre a localização e as dimensões geométricas aproximadas da heterogeneidade (zona principal).

ABSTRACT

One of the major interpretation problems in geophysics is to determine the region in the subsurface which generates the main part of the signal. In this thesis, the position and size of this region, here after called the main zone, have been found by modelling an electromagnetic system in which the source is an infinite line of electric current, extended over a conductive half-space. The earth has been modelled as a conductive half-space with an inhomogeneity in it as being an infinite layer or a prism of infinite length in the direction of the source line. The signal in the receiver of an electromagnetic system over a conductive homogeneous half-space is different from the one taken over the half space including and inhomogeneity. This difference is a function of the position of the inhomogeneity in relation to the transmitter-receiver system, besides other parameters. Therefore, with the other parameters fixed, there will be a specific position where this difference will maximize. Since this position depends on conductivity contrast, inhomogeneity dimensions and on source frequency, instead of a single position one will have a region where the inhomogeneity will give the maximum contribution to the measured signal. This region is called the main zone. Once the main zone is identified, the targets in the subsurface can be more precisely located. Usually they are conductive parts of the earth with some specific interest. One can facilitate the exploration and reduce production costs if these conductors are well identified during prospecting. A detectability function (Δ) has been defined to measure the contribution to the signal due to the inhomogeneity. The Δ function has been computed using amplitude and phase of the magnetic field components: H_x and H_z which are, respectively, the tangential and the normal to the earth's surface. The size and position of the main zone has been identified using the extremals of the Δ function,

which change with conductivity contrast, and the inhomogeneities size and depth. Electromagnetic fields for one-dimensional models were calculated using a hybrid form, numerically solving the integrals that were obtained analytically. Two-dimensional models were computed numerically, by the finite elements technique. The maximum values of Δ function, computed with amplitude of H_x , have been chosen to locate the main zone. This shows more stable results than other amplitude and phase components, both for one and two-dimensional models, when physical properties and geometric dimensions are changed. For the one-dimensional model, where the inhomogeneity is an infinitely extended horizontal layer, the depth of its central plane was found to be $p_0 = 0,17\delta_0$, where p_0 is the depth of this central plane and δ_0 is the skin depth for the plane wave (in an homogeneous half-space having a conductivity σ_1 equal to that of the background, and the frequency ω corresponding to the maximum value of Δ calculated for the amplitude of H_x). For two-dimensional inhomogeneities, the co-ordinates of the main zone central axis was found to be $d_0 = 0,77 r_0$ (where d_0 is the horizontal distance from this axis to the source) and $p_0 = 0,36 \delta_0$ (where p_0 is the depth of this central axis) with r_0 being the source-receiver separation and δ_0 the skin depth in the same conditions as in the one-dimensional case. If the values of r_0 and d_0 are known, it is possible to determine (d_0, p_0) . Associating each value of Δ function (calculated using the amplitude of H_x) with the values of $d = 0,36 \delta_0$ for each r and ω used to generate Δ , a method to locate the main zone is suggested. The isovalue curves of Δ are plotted to construct sections of Δ . These sections indicate the conductors position and provide some helpful insight into their geometric forms when the values of Δ get close to the maximum.