

Utilização da Tomografia Elétrica para Detecção de Dutos Enterrados em Zonas Submarinas

Cicero Pereira Batista Junior (Petrobras), Cláudio Gino Gallea (Tethys), Paola Olivina Pellizzari (Petrobras), Marina Iguatemy (Sondotecnica), Rodrigo Tusi Costa (AFC Geofísica), Arthur Ayres (Lagemar – UFF).

Copyright 2011, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 12th 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 12th 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

A geo-electric survey can be conducted for monitoring the position of pipeline in the sea floor. In this method an electric current is driven through the ground and the resulting potential differences are measured at the surface. Anomalous conditions or inhomogeneities within the sub-surface, such as electric better or poorer conducting materials, are inferred from the fact that they deflect the current and distort the normal potentials. Pipelines, despite their steel content, give resistive anomalies. This is caused by the concrete coating of the pipeline and the presence of gas and / or oil within the pipeline.

Introdução

A Tomografia Elétrica é uma moderna versão de aplicação do já consagrado método de sondagem por eletroresistividade. Sua principal vantagem é a possibilidade de realizar automaticamente milhares de medições de decaimento do potencial elétrico induzido ao longo de uma seção de eletrodos dispostos no terreno. Isto permite a construção de uma imagem contendo a distribuição da condutividade elétrica do subsolo, em vez de poucas e esparsas medições de seções elétricas, utilizada na antiga sondagem geoeletrica.

Apesar de algumas limitações devido à influência da porosidade, grau de fraturamento, grau de compactação, etc. na determinação das interfaces, o método de tomografia elétrica é utilizado alternativamente aos métodos geofísicos marinhos convencionais (*Subbottom Profiler, Sparker, Bommer*) em áreas muito próximas a costa, em função destes últimos serem operados a partir de embarcações e terem sua área de atuação limitada pela profundidade da água, pelo ruído presente na zona de arrebentação e pelo material do fundo e sub-fundo marinho.

Quando aplicada à detecção de dutos, o resultado é uma inequívoca visão tomográfica da área analisada, com precisão no detalhamento da posição e da cota de enterramento de dutos situados em zonas submersas por água salgada.

Método

A Tomografia Elétrica é baseada na determinação dos valores de resistividade elétrica aparente espacial em diferentes meios de propagação. Essa resistividade aparente é obtida através da injeção de uma corrente no solo por intermédio de um par de eletrodos e a medida da diferença de potencial resultante da passagem desta corrente através de outro par de eletrodos situados nas proximidades (figura 1).

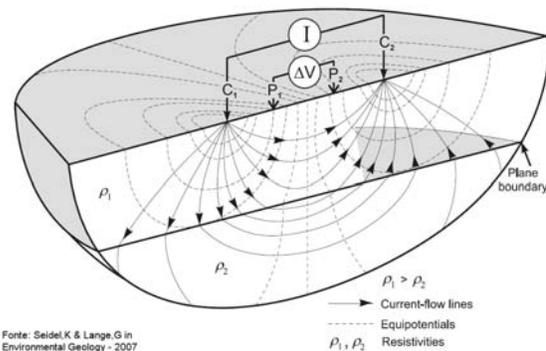


Fig. 1- Configuração do arranjo de eletrodos.

Os dados de resistência elétrica são obtidos através de um sistema automático de aquisição (resistivímetro) e um cabo subaquático com eletrodos. Estes eletrodos são instalados no fundo marinho num arranjo dipolo-dipolo, como ilustrado na figura 2, sendo realizadas centenas de leituras para cada espaçamento dos eletrodos (leituras de sinal fraco porém com alta resolução).

O levantamento utilizando arranjo dipolo-dipolo, segundo Gandolfo & Gallas (2007), consiste em executar uma série de medidas mantendo-se fixo o espaçamento "x" dos dipolos de emissão (AB) e recepção (MN), aumentando-se a separação entre eles de acordo com um fator "n·x". Cada um destes afastamentos corresponde a um nível de investigação em profundidade. Quanto maior for esta distância, maiores profundidades poderão ser alcançadas, tendo como limite as leituras de potencial superiores ao nível de ruído presente no local. A figura 2 apresenta o esquema de uma aquisição com o arranjo dipolo-dipolo.

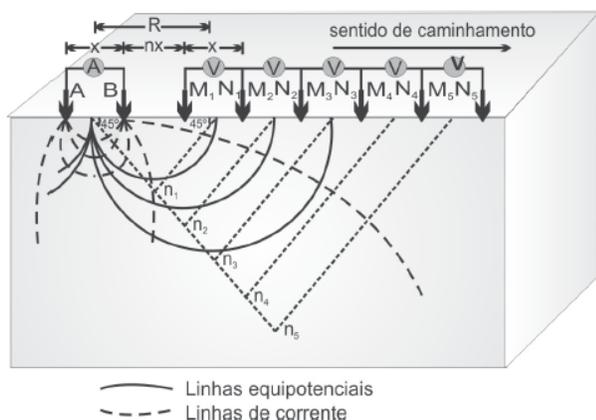


Fig 2 – Ilustração do arranjo Dipolo-Dipolo. (Moreira et al. – 2007)

Para o processamento dos dados os arquivos originais são editados, com a separação de cada tomografia, formando arquivos em separado e para eliminação de valores medidos ruidosos.

Para a inversão dos dados que geraram os modelos que serão apresentados, utilizou-se o programa RES2DINV (Geotomo Software, 2004).

Modelos sintéticos foram elaborados, com o objetivo de refletir, da melhor forma possível, a situação a ser encontrada no duto. A figura 3 apresenta um modelo constituído para um duto com cerca de 30 cm de diâmetro, cota de enterramento de 50 cm e lâmina d'água de 6m.

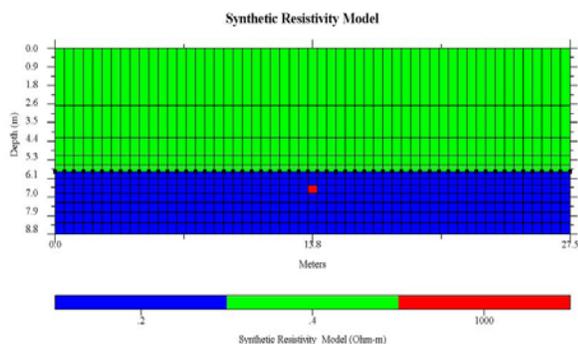


Fig. 3 - Modelo de resistividade sintético.

A figura 4 apresenta as resistividades aparentes a serem obtidas na situação do modelo, observando-se que os valores aparentes são bem baixos e a figura 5 apresenta a tomografia obtida para o modelo sintético de duto a 0,5m de profundidade.

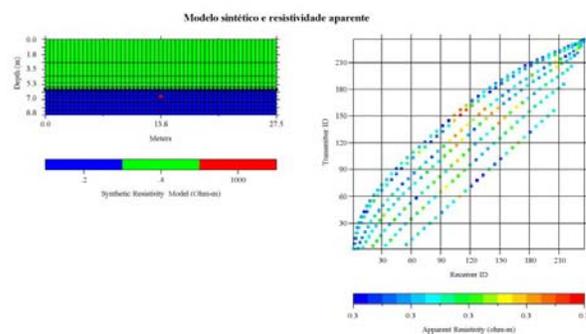


Fig. 4 - Modelo sintético e resistividade aparente.

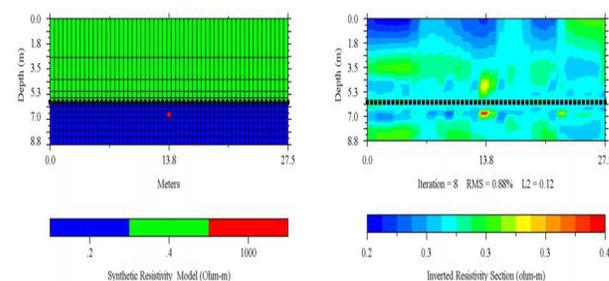


Fig. 5 - Modelo sintético e resultado da simulação.

A anomalia detectada para o modelo sintético, colocada em escala de cores adequada (figura 6), mostra que o método se justifica, uma vez que detecta o duto, permitindo a definição com precisão da localização e profundidade do mesmo.

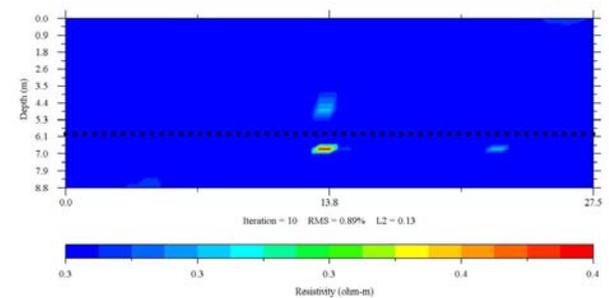


Fig. 6 - Modelo sintético-Duto a 0,5 m de profundidade.

Resultados

A precisão dos resultados de inversões de dados de eletrorresistividade costuma variar com erros entre 10% e 20%. No caso dos dutos, com os parâmetros de alta resolução utilizados, mesmo que os alvos sejam pequenos, são também rasos e apresentam grande contraste de resistividade com os sedimentos circundantes, de modo que o erro do método situa-se na faixa de 10%.

A figura 7 apresenta um modelo teórico de um duto submarino enterrado próximo a praia, utilizado para a interpretação dos dados.

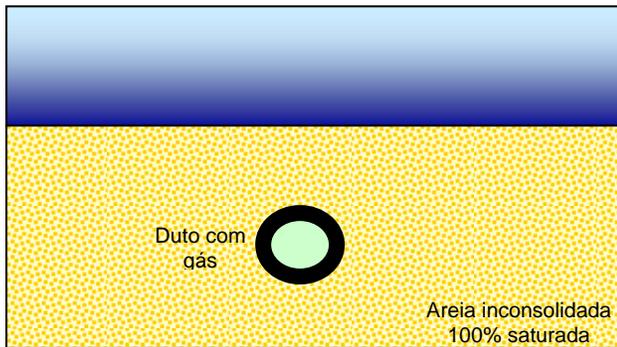


Fig. 7 - Modelo teórico do duto.

O critério de interpretação é a exclusão dos ruídos aleatórios, considerando-se que a principal anomalia definida no modelo obtido tenha como origem o duto, tendo em vista que o mesmo constitui a fonte mais intensa de anomalias (figura 8).

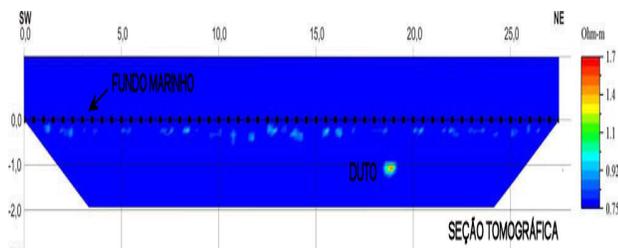


Fig. 8 - Modelo de tomografia.

Uma vez identificada a anomalia correspondente ao duto investigado, o valor máximo de resistividade da anomalia é atribuído ao centro do duto. A profundidade da geratriz superior do duto em relação ao fundo do mar é obtida descontando o comprimento do raio do duto da profundidade do centro da anomalia.

Conclusões

O grande contraste de resistividade elétrica entre os dutos no mar e o ambiente que se encontram enterrados (areias e/ou lamas saturadas com água salgada) viabiliza a utilização da eletrorresistividade, que mede a variação de resistividade elétrica entre os sedimentos de sub-superfície e o duto, para a detecção da posição dos mesmos.

A técnica de Tomografia Elétrica, cuja característica é a aquisição de grande volume de dados com alta qualidade, permite que se detectem os dutos, apesar do tamanho reduzido, por seu contraste elevado de resistividade com a encaixante e pela sua pequena profundidade. O posicionamento espacial em relação a superfície do fundo do mar, com alta precisão, é possível em virtude da possibilidade de obtenção de modelos de resistividade verdadeira com qualidade, a partir da inversão dos dados de resistividade aparente, empregando-se programas e parâmetros de inversão adequados.

As vantagens da tomografia elétrica são: método não invasivo, equipamentos simples, permite aquisição de dados onde o acesso de embarcação é complicado e permite complementar outras informações geofísicas. As desvantagens são a baixa taxa de aquisição dos dados e a interpretação por inversão possibilitam que as premissas não serem 100% verdadeiras.

Agradecimentos

A todos que participaram direta ou indiretamente na elaboração deste paper.

Referencias

Gandolfo O, Gallas J.D.F. 2007. O arranjo pólo-dipolo como alternativa ao dipolo-dipolo em levantamentos 2D de eletrorresistividade. Rev. Bras. Geof. vol.25 no.3 São Paulo July/Sept. 2007.

MOREIRA C.A., DOURADO J.C., SANTOS K. 2007. Geofísica aplicada no estudo de área de lançamento de afluentes de tratamento de esgoto. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 26, n. 1, p. 17-25, 2007.

GEOTOMO SOFTWARE. 2004. RES2DINV (v.3.54) and RES3DINV (v.2.14) for Windows 98/ME/2000/NT/XP. Geoelectrical Imaging 2D& 3D.