

Tomografia Elétrica de Alta Resolução Aplicada ao Posicionamento de Dutos Submarinos

Antonio Flavio Uberti Costa (1) & Rodrigo Tusi Costa (1)

AFC Geofísica Ltda.

INTRODUÇÃO

Os riscos de acidentes provocados pelo rompimento de dutos submarinos são uma realidade, fazendo-se necessário um acompanhamento permanente da situação dos mesmos, no sentido de prevenir os acidentes.

Uma das possíveis formas de localização e de posicionamento de dutos submarinos enterrados tem sido a aplicação de métodos geofísicos. A magnetometria (Tchernychev al., 2014) tem sido usada com bons resultados na detecção e na localização dos dutos, sem no entanto apresentar boa precisão no seu posicionamento vertical (cota de aterramento), enquanto que a sísmica de reflexão, apresenta limitações em locais com lâmina d'água rasa e com presença de ondas.

O presente trabalho demonstra que, conhecendo-se as características do duto, tais como o tipo de material e o diâmetro do mesmo, bem como a sua localização aproximada, é possível, através do uso da tomografia elétrica de alta resolução, obter-se a profundidade do duto, com boa precisão. Para se alcançar esse resultado é necessário que sejam observados alguns cuidados especiais, tanto na forma de fazer a coleta dos dados, quanto nos procedimentos adotados no processamento dos mesmos.

RELAÇÃO SINAL/RUÍDO

As amplitudes das anomalias de resistividade elétrica provocadas pelos dutos são em geral muito baixas, geralmente na faixa de 3% a 15% de um background caracterizado por resistividades muito baixas, geralmente entre 0,15 Ohm.m a 0,5 Ohm.m. A amplitude das anomalias decresce com a diminuição do diâmetro do duto e com o aumento da profundidade do mesmo.

Os ruídos que ocorrem podem ser de três tipos: operacionais, sistemáticos e aleatórios.

Os ruídos operacionais são provocados por erros do operador na hora da coleta e, quando ocorrem, são identificados e eliminados facilmente, sendo que em muitos casos a tomografia precisa ser repetida.

Os ruídos sistemáticos são relacionados com o sistema de aquisição (tomógrafos, cabos e conexões), e podem ser evitados a partir do emprego de equipamentos calibrados, cabos compensados e conectores com manutenção permanente.

Os ruídos aleatórios, por sua vez, são naturais e relacionados ao meio. Variam em função das condições das correntes submarinas e das ondas. A movimentação das águas salgadas no fundo do mar, em contato direto com os sedimentos não consolidados, porosos e permeáveis, formados por areias e argilas fofas, faz com que surjam potenciais elétricos naturais no ambiente, onde os cabos multieletródos da tomografia elétrica são posicionados. A intensidade destes potenciais elétricos naturais, de natureza aleatória, é, em geral, maior do que a intensidade do sinal provocado pelos dutos, principalmente quando estes têm diâmetros menores do que 12 polegadas e/ou se encontram a profundidades maiores do que 1 metro. Pelo seu caráter aleatório, esses ruídos não podem ser evitados, tornando-se necessária a aplicação de filtros para a sua atenuação, tanto na fase de coleta, quanto do processamento dos dados.

Para aumentar a relação sinal/ruído é necessário aplicar técnicas de filtragem já na fase de coleta dos dados. Como o sinal (anomalia do duto) é constante e o ruído (potencial elétrico natural) é aleatório, o empilhamento de seções coletadas seqüencialmente tende a reduzir o nível de ruído aleatório. Portanto, já na coleta de dados devem ser coletadas múltiplas seções tomográficas para permitir o empilhamento das mesmas e melhorar a relação sinal/ruído (Figura 1).

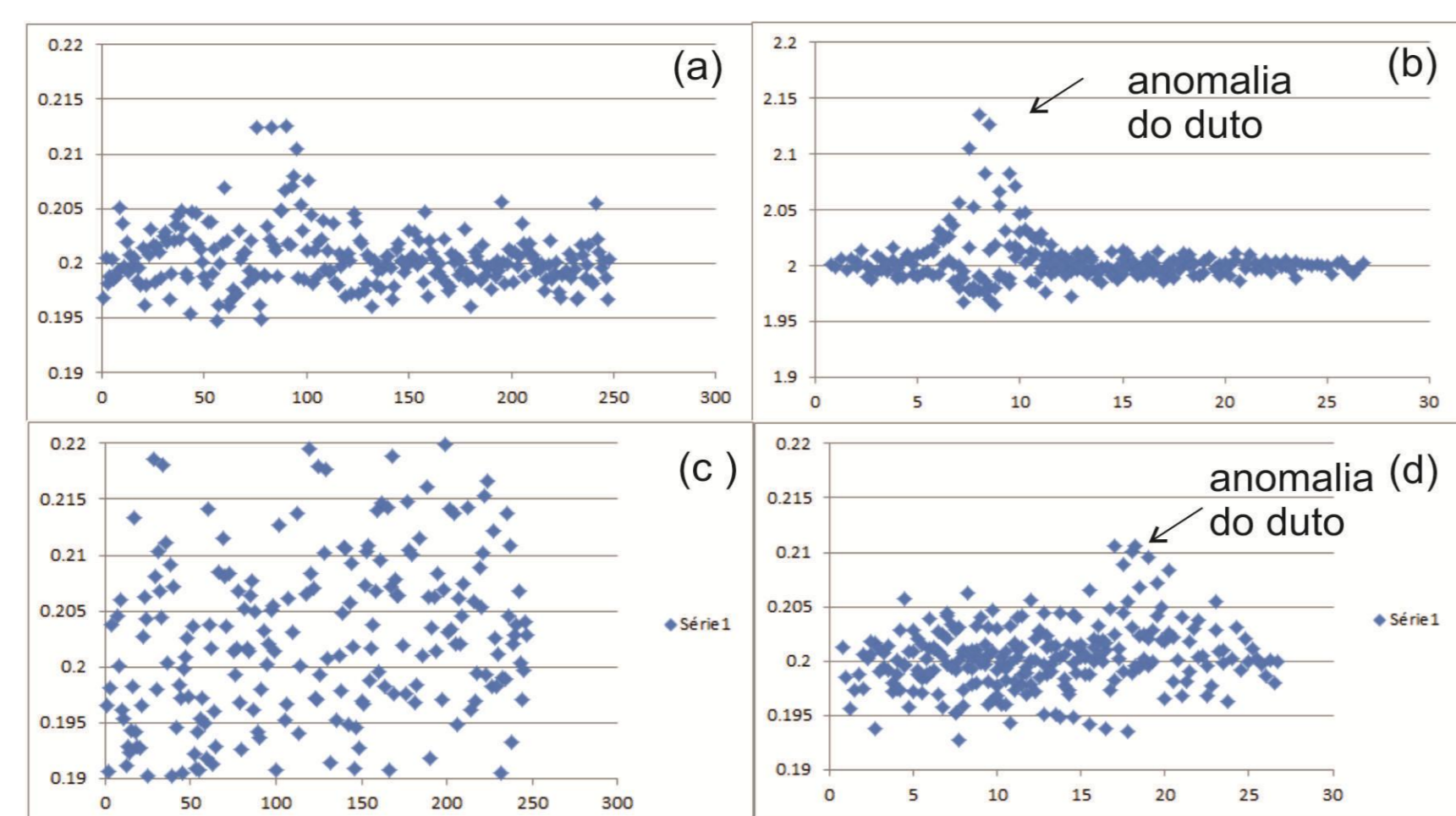


Figura 1. Gráficos sintéticos de dispersão (distância x resistividade), para duto de 10" a 0,5 m de profundidade, mostrando o efeito do empilhamento de seções. (a) uma seção, com ruído aleatório de 1%, (b) oito seções empilhadas com ruído de 1%, (c) um seção, com ruído de 5%, (d) dezesseis seções empilhadas com ruído de 5%.

COLETA DE DADOS

O arranjo utilizado deve ser o dipolo-dipolo. O espaçamento entre eletrodos para dutos de 6" e 12" deve ser de 0,25 metros e para dutos maiores o espaçamento pode ser de 0,5 metros.

Antes de iniciar a coleta de dados devem ser construídos modelos sintéticos para o duto a ser monitorado. Com base nas características do duto e do meio, tais como: tipo de material e diâmetro do duto, resistividade do meio e as possíveis profundidades do duto, de zero até 2,5 m, modelos diferentes para níveis de ruído aleatório distintos são construídos (Figura 2). Com o aumento do nível de ruído, é possível observar a tendência de desaparecimento do sinal nos modelos sintéticos sem empilhamento.

Os modelos sintéticos permitirão antecipar as dificuldades a serem enfrentadas na detecção do duto e estabelecer os parâmetros a serem adotados na coleta dos dados.

Em função das respostas obtidas nos modelos sintéticos o número de seções repetidas para empilhamento pode ser definido. Normalmente, devem ser realizadas várias tomografias no mesmo local, de modo a permitir o empilhamento dos dados, atenuando os ruídos aleatórios em relação ao sinal. Esse procedimento deve ser realizado com maior ou menor intensidade sempre que a relação sinal/ruído das tomografias for muito baixa. Assim, o número de tomografias (Nt) a ser feito pode ser definido por $2n$, com $n=1,2,3,4,\dots$ e $Nt=2,4,8,16,\dots$, respectivamente. Teoricamente, cada incremento unitário do valor de n na amostragem resulta em um ganho de 3 dB.

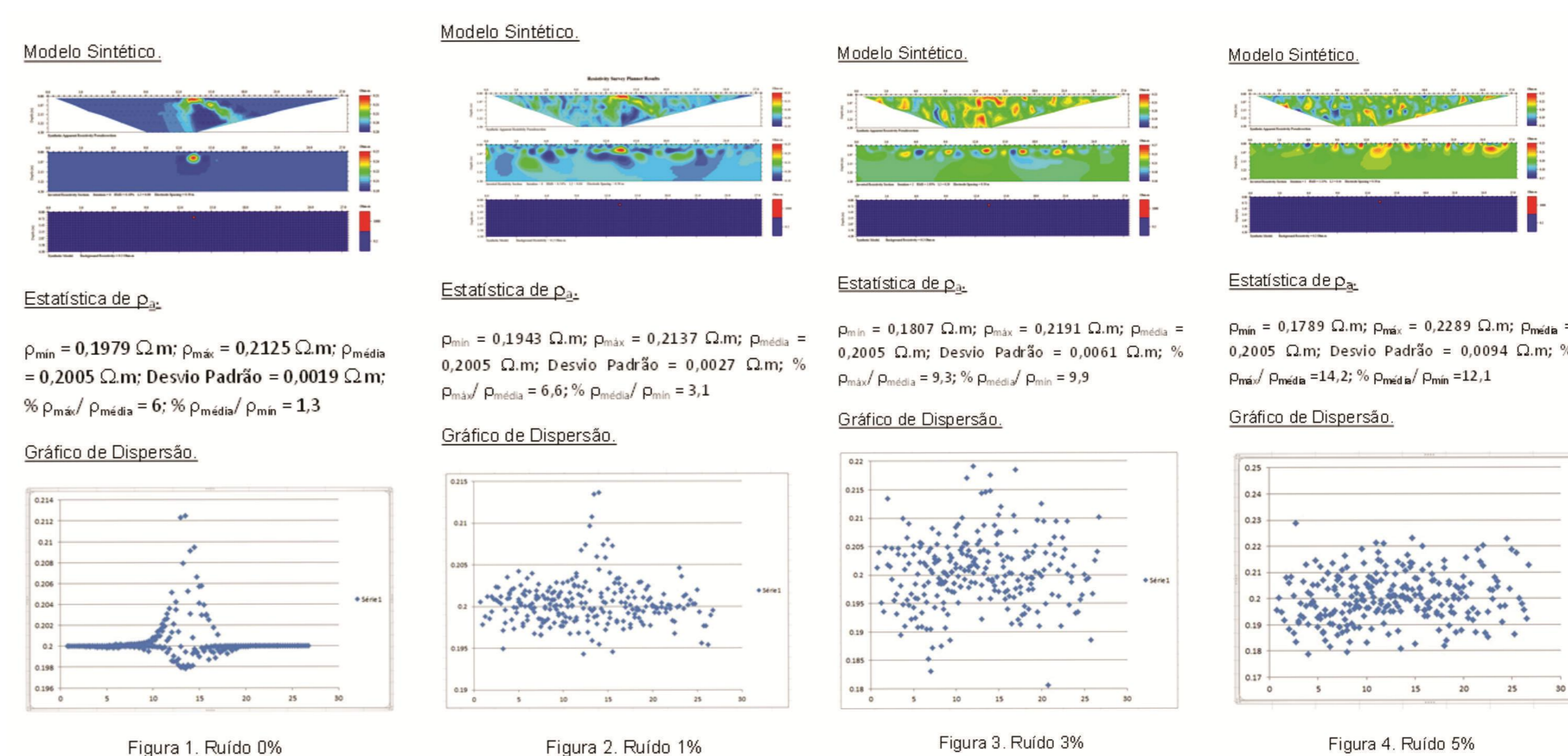


Figura 2. Exemplos de modelos sintéticos e respostas para duto de 10", a 0,5 m de profundidade, com ruídos 0% (a), 1% (b), 3% (c) e 5% (d).

RESULTADOS OBTIDOS

Na Figura 3 estão apresentados os gráficos de dispersão de duas tomografias executadas em dois locais diferentes do mesmo duto, com 12 polegadas de diâmetro e com profundidade de enterramento entre 1,0 e 1,5 metros. É possível comparar os resultados da tomografia sem empilhamento (4.a) e (4.c) e com empilhamento de 2x e 4x, respectivamente (4.b) e (4.d). Nos dois casos, a melhoria da relação sinal/ruído é visível.

Na Figura 4 está apresentado um exemplo de tomografia real feita em um duto de 24 polegadas, situado a uma profundidade de 0,8 m, com empilhamento 2x. Estão apresentadas as seções de resistividade aparente medida, calculada e o modelo com o duto detectado.

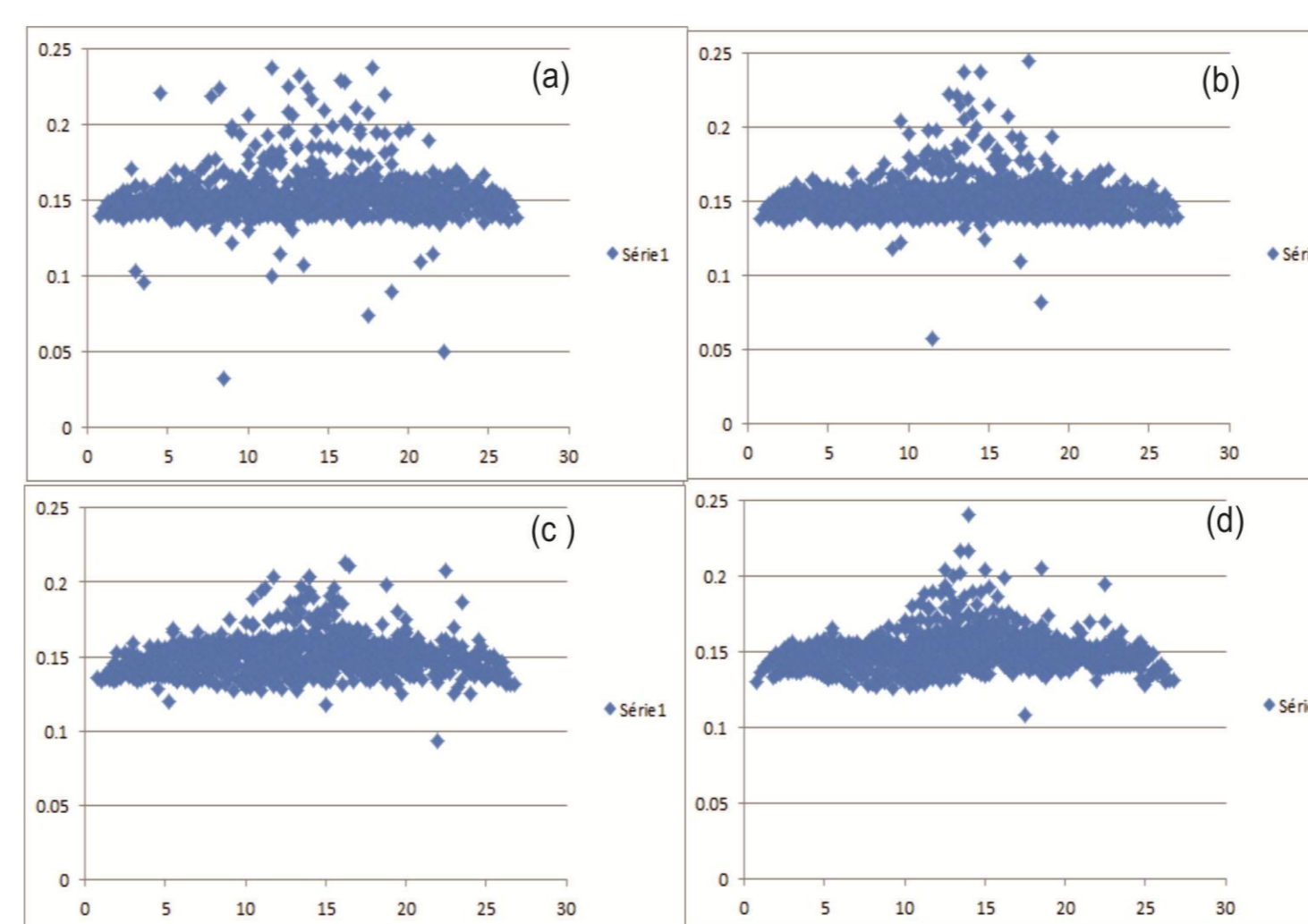


Figura 3. Gráficos de Dispersão

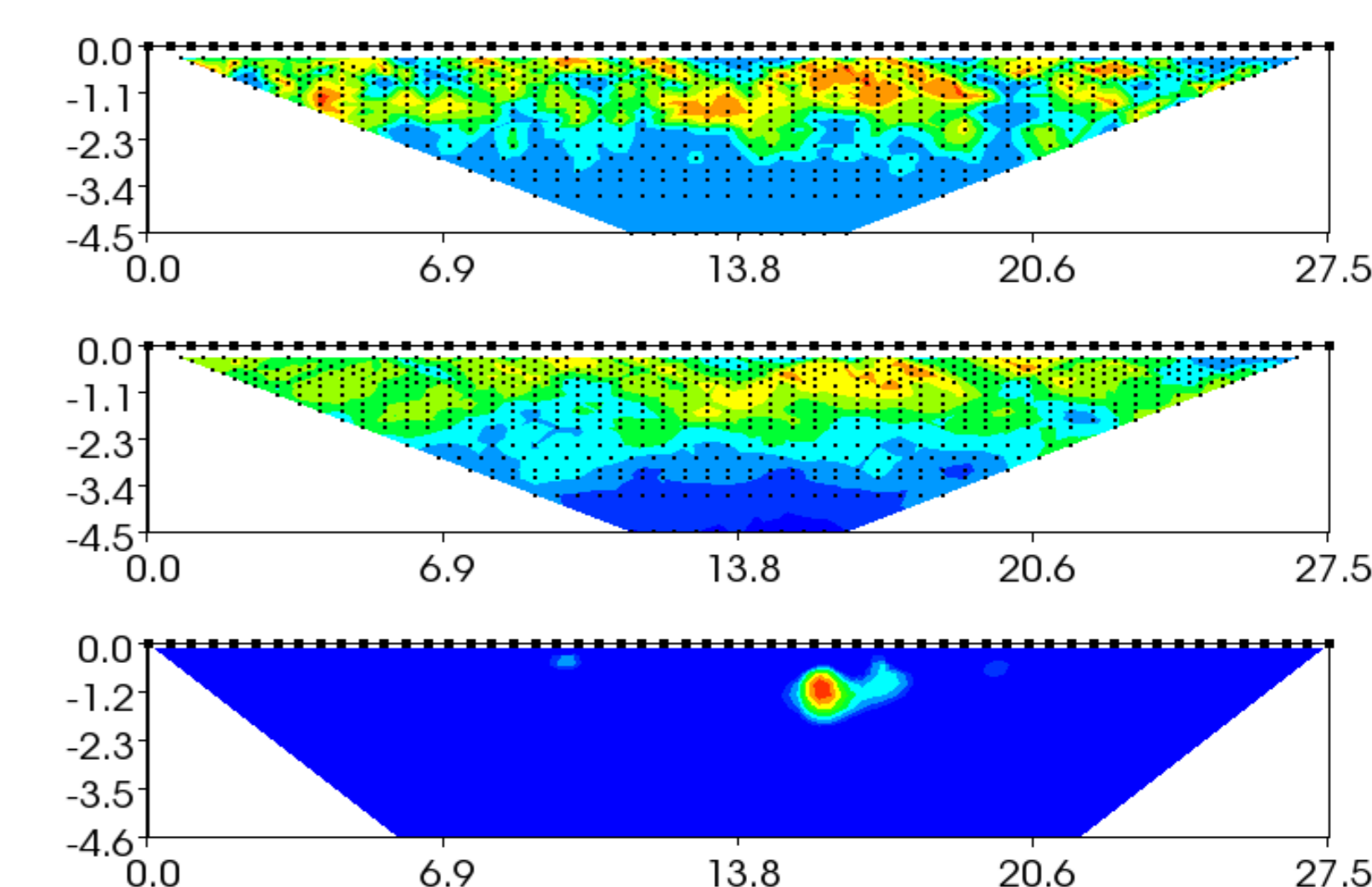


Figura 4. Tomografia em Duto de 24"

CONCLUSÕES

A detecção e o posicionamento de dutos em ambiente submarino através de métodos geofísicos não é uma tarefa fácil. A intensidade do sinal da anomalia de resistividade provocada pelo duto é muito fraca, sendo muitas vezes de intensidade bem menor do que os ruídos provocados pelos potenciais elétricos naturais, que ocorrem nos sedimentos do fundo oceânico. Para que seja possível se obter modelos de dutos com qualidade e boa precisão, que permitam a definição do seu posicionamento (cota de aterramento) é necessário filtrar o ruído aleatório, de modo a aumentar a relação sinal/ruído, antes de proceder com a inversão dos dados. O empilhamento tomográfico é, portanto, o caminho para a solução do problema, conforme se pode demonstrar. O número de amostragem é função da intensidade do sinal em relação ao ruído aleatório. O n deve ser maior quanto maior for a profundidade em que se encontra o duto e menor for o seu diâmetro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Tchernychev, M.; Johnson R. & Johnston J. (2014). Multiple magnetometer sensor arrays and their applications in marine environmental surveys. Geometrics. Ocean News and Technology.