



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI 0613598-6 A2**



(22) Data de Depósito: 28/06/2006
(43) Data da Publicação: 06/11/2012
(RPI 2183)

(51) *Int.Cl.:*
G06F 19/00
G01V 3/08

(54) Título: MÉTODOS IMPLEMENTADO POR COMPUTADOR PARA DETERMINAR TRÊS ÂNGULOS INDEPENDENTES ESPECIFICANDO ORIENTAÇÃO DE RECEPTORES ELETROMAGNÉTICOS EM UM LEVANTAMENTO DE DADOS ELETROMAGNÉTICOS MARINHOS, E PARA PRODUIZIR HIDROCARBONETOS A PARTIR DE UMA REGIÃO SUBTERRÂNEA

(30) Prioridade Unionista: 22/07/2005 US 60/701817

(73) Titular(es): EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY

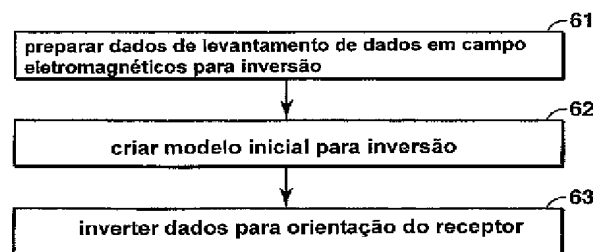
(72) Inventor(es): Xinyou Lu

(74) Procurador(es): MOMSEN, LEONARDOS & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT US2006025247 de 28/06/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/018810de 15/02/2007

(57) Resumo: MÉTODOS IMPLEMENTADO POR COMPUTADOR PARA DETERMINAR TRÊS ÂNGULOS INDEPENDENTES ESPECIFICANDO ORIENTAÇÃO DE RECEPTORES ELETROMAGNÉTICOS EM UM LEVANTAMENTO DE DADOS ELETROMAGNÉTICOS MARINHOS, E PARA PRODUIZIR HIDROCARBONETOS A PARTIR DE UMA REGIÃO SUBTERRÂNEA. Método para completamente especificar orientação de receptores eletromagnéticos colocados no fundo do oceano em um levantamento de dados eletromagnético. Dados de levantamento de dados são selecionados, rejeitando dados ruidosos com longos desvios e dados onde o receptor se saturou com curtos desvios (61). Um modelo é desenvolvido compreendendo três ângulos de orientação do receptor independentes completamente especificando a orientação do receptor em três dimensões, e um modelo de resistividade de terra incluindo uma camada de água e possivelmente uma camada de área retangular (62). Equações do Maxwell aplicadas ao modelo e aos dados selecionados, são então invertidas para determinar as orientações do receptor (63).



“MÉTODOS IMPLEMENTADO POR COMPUTADOR PARA DETERMINAR TRÊS ÂNGULOS INDEPENDENTES ESPECIFICANDO ORIENTAÇÃO DE RECEPTORES ELETROMAGNÉTICOS EM UM LEVANTAMENTO DE DADOS ELETROMAGNÉTICOS MARINHOS, E PARA PRODUZIR HIDROCARBONETOS A PARTIR DE UMA REGIÃO SUBTERRÂNEA”

Este pedido reivindica os benefícios do pedido U.S. Provisório No. 60/701,817 depositado em 22 de julho de 2005.

CAMPO DA INVENÇÃO

Esta invenção se refere geralmente ao campo da prospecção geofísica incluindo delimitação de reservatório e mais particularmente, para fazer levantamento de dados eletromagnético por fonte controlada para aplicações geofísicas. especialmente, a invenção é um método para determinar orientações eletromagnéticas de receptor.

CONHECIMENTO DA INVENÇÃO

O método de exploração (“CSEM”) eletromagnética por fonte controlada marinho usa fontes feitas pelo homem para gerar ondas eletromagnéticas (EM) e emprega receptores sobre o leito oceânico para gravar sinais eletromagnéticos. Os sinais eletromagnéticos gravados são analisados adaptada para inferir estrutura no leito oceânico e/ou determinar natureza de estruturas particulares tais como reservatórios. Figura 1 ilustra um típico emprego de equipamento CSEM, com uma fonte (HED) 11 de dipolo elétrico horizontal rebocado por um navio acima do fundo do mar 12 no qual receptores 13 são colocados. Esta tecnologia foi aplicada na exploração de hidrocarbonetos e minerais, e também em outras áreas tais como estudos tectônicos e engenharia ambiental e geológica.

Nos presentes receptores caem livremente para o leito oceânico e por conseguinte, suas orientações são desconhecidas. Orientações do receptor são requeridas para determinar os vetores de campo EM

tridimensional medidos nas localizações dos receptores. Os campos medidos são então decomposto em componentes nas direções preferidas (por exemplo, em linha, em linha cruzada e vertical) par análise, inversão e interpretação. Efeitos nos componentes decompostos poderiam ser significantes quando o receptor não pode se orientar para aquelas direções preferidas por causa das orientações de receptor imprecisas. Por conseguinte, a determinação das orientações do receptor significantemente poderia afetar interpretação de dados. A presente invenção fornece uma técnica para determinar orientações do receptor.

10 De modo a completamente medir campos EM tridimensional, receptores precisam ser equipado com três antenas mutuamente perpendiculares para campos elétricos e três sensores magnéticos mutuamente perpendiculares para campos magnéticos. Três ângulos são necessários e suficientes para unicamente definir orientações do receptor. Esses três ângulos

15 estabelecem a relação entre as coordenadas de medida e coordenadas do receptor. Um número de maneiras pode ser usado para definir as orientações do receptor nas coordenadas medidas. Elas são equivalentes e podem ser convertidas uma na outra. Uma maneira para definir as orientações do receptor é usar azimuth e inclinação para dois canais horizontais (Figura 2).

20 Na Figura 2 (X, Y, Z) são assumidos serem as coordenadas medidas com X direcionado para o leste geodésico, Componente Y para o norte geodésico, e Z para cima. (X''', Y''', Z''') são as coordenadas do receptor e os canais "leste", "norte" e vertical designados. (X', Y', Z') e (X'', Y'', Z'') são coordenadas auxiliares para ajudar a transformar coordenadas entre (X, Y, Z)

25 e (X''', Y''', Z'''). X' é a projeção de X''' no plano horizontal XY, enquanto Y'' é a projeção de Componente Y'''. Com aquelas configurações, o azimuth do receptor (α) é definido como o angulo entre Y e Y', a inclinação do canal leste (β) é o angulo entre X' e X''', a inclinação do canal norte (γ) é o angulo entre Y'' e Y'''.

No presente, um número de métodos é conhecido para determinar orientações de receptor. Um é para diretamente medir orientações de receptor. Sistemas de medidas diretas atuais para receptores CSEM marinhos tem problemas de confiabilidade. Mesmo com tal um sistema disponível, um método alternativo ainda seria necessário em algumas circunstâncias: por exemplo, 1) quando o sistema de medida direta está quebrado; 2) quando o sistema de medida não está alinhado com as direções de eletrodos/sensores magnéticos por causa da inclinação das antenas elétricas longas no leito oceânico.

Um outro método é análise de polarização, divulgado em Behrens, J. P. (2005). "The Detection of Eltrical Anisotropy índice 35 Ma Pacific Lithosphere: Results from a Marine Controlled-Source electromagnetic Survey and Implications for Hydration o the Upper Mantle", Ph.D. Thesis, University of California, San diego (2005). Também ver Constable and Cox, "Marine controlled source electromagnetic sounding 2: The PEGASUS experiment", Journal of Geophysical Research 101, 5519-5530 (1996). O método é baseado no fato que a amplitude do campo EM do sinal gravado por um receptor é maximizado quando a antena do receptor está na direção do transmissor (i. e., o eixo principal da elipse de polarização) provido que o transmissor é rebocado diretamente em direção ao receptor. Análise de polarização foi o primeiro método usado no trabalho CSEM marinho para determinar azimute do receptor no processamento de dados subseqüentes. O método requer, pelo menos, uma linha de reboque rebocada diretamente sobre cada receptor. Exatidão de azimute do receptor fornecido por este método não é muito alta. O erro médio em azimutes de receptor é maior do que 5 graus para dados de campo de um barco com um sistema de posição dinâmico. Poderia ser pior para um navio sem um sistema de posicionamento dinâmico em condições de tempo severas.

Behrens também propôs usar coerência e correlação em sinais

EM naturais gravados por receptores diferentes para determinar azimute relativo. Este método foi desenvolvido para receptores sem uma linha de reboque diretamente para rebocar, para complementar a análise de polarização. O método determina o angulo de azimute relativo entre dois receptores. De modo a encontrar o azimute do receptor, o método requer que o azimute do receptor de referência seja conhecido. Sucesso em usar este método é dependente se sinais naturais de alta qualidade são gravados por ambos receptores. Exatidão por este método é normalmente mais baixa do que por análise de polarização.

10 R. Mittet et al. usou inversão para determinar azimute do receptor em "E020: Inversion of SBL data acquired in shallow waters", EAGE 66^a Conferência & Exibição – Paris, França, 7-10 de junho (2004). Este método contorna limitações em ambos, a análise de polarização e o método de usar sinais EM naturais. Todos os três destes métodos, embora amplamente usados, endereçam somente o azimute do receptor, mas não divulga como determinar orientações de receptor unicamente, i. e. ambos o azimute e as inclinações dos dois canais horizontais. As razões para negligenciar os outros dois ângulos do receptor são, pelo menos, três em número. (1) Interpretação de dados é principalmente focado (e medidas de dados podem ser limitadas a) na componente elétrica em linha (significando ao longo da direção de reboque), que normalmente não é muito afetada pelas inclinações se o leito oceânico não é muito íngreme. (2) A componente elétrica vertical é ou não medida ou não completamente utilizada na interpretação dos dados. (3) Nenhum método exato e confiável esta disponível para determinar as orientações do receptor. As duas inclinações são normalmente pequenas (< 10 graus) porque o leito oceânico normalmente é plano. As três razões obviamente não são completamente independente uma da outra.

Em adição as três razões detalhadas acima, a extensão de

possíveis impactos nos resultados CSEM de mesmo ângulos de inclinação do receptor pequenos, pode não ser apreciado. Efeitos de orientações do receptor nas três componentes elétricas foram simulados no decorrer da presente invenção, e podem ser vistas nas Figs. 3 – 5. A geometria da fonte e receptor usada nos cálculos do modelo que gerou esses três desenhos é tomada de um levantamento de dados real. O modelo de resistividade é um modelo de terra em camadas com profundidade de água de 125 m. A direção da linha de reboque é 265,57 graus do norte geodésico no sentido horário. Nas modelagens, o não alinhamento ($\delta\alpha$) do receptor (azimute, α na Fig. 2) com a linha de reboque (a direção em linha) é 15 graus, a inclinação da antena em linha (β) é acima de 5 graus e a inclinação de linha cruzada (γ) é abaixo 3 graus. A frequência de modelagem é 0,25 Hz. Em cada um dos três desenhos uma linha cheia representa um receptor de nível e alinhado, os círculos, um receptor de nível com $\delta\alpha = 15^\circ$, o +, simboliza um receptor alinhado com inclinação de $\beta = 5^\circ$ e $\gamma = -3^\circ$, e a linha quebrada, um receptor não alinhado e inclinado. Comparado com a situação ideal (um receptor de nível alinhado com a linha de reboque, i. e. todos os três ângulos [$\delta\alpha$, β e γ], zero), aquelas figuras mostram que enquanto azimute tem muito maiores efeitos sobre os dois canais horizontais (em linha e linha cruzada) do que fazem os ângulos de inclinação (especialmente na componente cruzada), as inclinações tem maiores efeitos na componente vertical E_z . Os efeitos podem ser significativos, por exemplo, cerca de uma ordem em magnitude para as componentes cruzada e vertical deste exemplo (Figs. 4 e 5). Este exemplo claramente demonstra a importância de determinar todos os três ângulos. Azimute do receptor somente não pode, unicamente, definir as orientações do receptor empregado no leito oceânico.

Em resumo, há uma necessidade de uma técnica para determinar orientações do receptor que possa ser usada sem qualquer limitações na geometria do transmissor e receptor. a presente invenção

satisfaz esta necessidade.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Em uma modalidade, a invenção é um método implementado por computador para determinar três ângulos independentes especificando orientação dos receptores eletromagnéticos em um levantamento de dados eletromagnéticos marinhos, compreendendo (a) selecionar dados de levantamento de dados de acordo com critério incluindo proporção de sinal para ruído e grau de distorção; (b) criar um modelo representando a geometria de receptor fonte do levantamento de dados e mídia para transmissão de sinal elétrico, mencionado modelo compreendendo três ângulos de orientação do receptor, um modelo de resistividade, e uma fonte eletromagnética (transmissor) e parâmetros do receptor; e (c) resolver equações de campo eletromagnético de Maxwell com o modelo e os dados de levantamento de dados selecionados como informação de entrada e mencionados três ângulos de orientação como desconhecidos, mencionada solução sendo efetuada por inversão numérica iterativa.

A invenção é preferencialmente praticada no domínio da frequência no qual caso, os dados de levantamento de dados são transformados no domínio da frequência através da transformada de Fourier (ou outro método) antes da etapa de seleção acima, ou, pelo menos, antes da etapa de solução/inversão.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A presente invenção e suas vantagens serão melhor entendidas se referindo a descrição detalhada a seguir e aos desenhos anexados nos quais:

Fig. 1 ilustra um levantamento de dados CSEM marinho;

Fig. 2 define um conjunto de três ângulos relacionando orientação de um sistema de coordenada para um outro;

Fig. 3 mostra efeitos de orientações do receptor na amplitude do componente de campo elétrico em linha;

Fig. 4 mostra efeitos de orientações do receptor na amplitude do componente de campo elétrico em linha cruzada;

Fig. 5 mostra efeitos de orientações do receptor na amplitude do componente de campo elétrico vertical;

5 Fig. 6 é um fluxograma das etapas básicas em uma modalidade do presente método inventivo

A invenção será descrita em conexão com suas modalidades preferidas. Contudo, na medida que a descrição a seguir é específica para uma modalidade particular ou um uso particular da invenção, isto é pretendido ser
10 ilustrativo somente, e não é para ser interpretada como limitante do escopo da invenção. Ao contrário, é pretendido cobrir toda alternativa, modificações e equivalente que podem ser incluídos dentro do espírito e escopo da invenção, como definido pelas reivindicações anexas.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS MODALIDADES PREFERIDAS

15 Esta invenção é um método para determinar a orientação de um receptor eletromagnético em um levantamento de dados CSEM marinho, por inversão das equações de campo eletromagnético (equações de Maxwell). Os três ângulos de orientação são tratados como parâmetros invertidos. i. e., os desconhecidos a serem resolvidos. A invenção inclui três etapas básicas,
20 resumidos no fluxograma da Fig. 6: (i) preparar dados para inversão (etapa 61); (ii) criar um modelo inicial (etapa 62); e (iii) inverter dados para orientações do receptor (etapa 63). Como usado aqui, meios de inversão inferindo x a partir dos dados medidos $y = F(x, u, v, \dots)$, onde encontrar x pode ser feito por tentativas iterativa e erro, usando métodos numéricos tais como
25 técnicas de diferença finita para encontrar uma solução que melhor se encaixa aos dados através de algum critério selecionado.

(i) Preparar dados para inversão

Por causa do bem conhecido efeito de profundidade de pele, sinais EM decaem exponencialmente com a distância da fonte (ou,

transmissor) para uma dada frequência. O receptor não pode gravar sinais de alta qualidade quando a fonte está longe do receptor devido ao ruído ambiente. Quando a fonte está muito perto do receptor, o receptor fica saturado por causa da distância de medida dinâmica limitada. Assim, as medidas são distorcidas. É preferido para invenção que dados sejam selecionados de tal desvios de receptor fonte intermediários tal que a fonte possa gerar sinais fortes o bastante na localização do receptor para ter boa S/N (proporção de sinal para ruído), mas não muito forte para saturar o receptor. Em adição, medidas geométricas de fonte e receptor precisas são requeridas para os dados selecionados. O termo “geometria” não inclui orientação angular dos receptores, naturalmente; como explicado esta característica geométrica não pode ser medida com precisão suficiente. O termo inclui orientações do transmissor (por exemplo,, azimute e alcance para fonte HED).

Mesmo dentro de uma distância de desvio selecionada, dados podem não ser ideal para inversão por causa dos efeitos tais como instabilidade da fonte, características eletrônicas do receptor, sinais EM naturais mudando temporariamente, e ondas do oceano. O usuário da presente invenção pode desejar manualmente captura dados para uso, possivelmente com a ajuda de software de exibição de dados iterativo, ou de acordo com a experiência.

Em fazendo o levantamento de dados por CSEM, ambos, amplitude e fase são tipicamente obtidos processo de aquisição cada componente que é medido. Ou dados de amplitude ou dados de fase, ou ambos, podem ser usados para a etapa de inversão da presente invenção. Por exemplo, poderia ser que os dados de fase sejam avaliados como tendo problemas de precisão. Na situação mais ideal, ambos dados de amplitude e de fase de ambos os campos elétricos e magnéticos, todas as seis componentes, são incluídas na inversão. Alguns dados de componente vertical são importantes para determinar as inclinações. Dados de componente vertical

são preferencialmente cerca de um terço dos dados total. Teoricamente, pelo menos, 3 pontos de dados (independente) são necessários para, unicamente e suficientemente, determinar os 3 ângulos do receptor, onde um valor de E_X (ou amplitude ou fase) para uma posição de receptor/fonte constituiria um exemplo de um ponto de dados único. Na prática, dados para tantos muitos componentes EM quanto possível são preferencialmente incluídos por causa do ruído e da sensibilidade diferente de cada componente relativo a cada angulo de orientação.

Dados de levantamento de dados CSEM são medidos no domínio do tempo. O método da presente invenção é preferencialmente efetuado no domínio da frequência, em quais modalidades os dados precisam se transformado para o domínio da frequência através da transformada de Fourier ou outros métodos. Por exemplo, o conteúdo de frequência da forma de onda da fonte pode ser conhecido, em qual caso, a informação de amplitude e de fase, para uma frequência específica, podem ser extraídas dos dados medidos, através de técnicas de adaptação de dados. Todos tais métodos serão referidos aqui como transformação dos dados para o domínio da frequência. No domínio da frequência, os dados se tornam números complexos. O presente método inventivo pode ser efetuado usando somente a parte real dos dados selecionado, ou somente a parte imaginária, ou ambos. Equivalentemente, como colocado acima, a invenção pode ser efetuada com somente dados de amplitude ou somente dados de fase, ou ambos.

(ii) *Criar um modelo inicial*

Um modelo inicial é necessário para inversão, que inclui 3 ângulos de orientação do receptor e modelo de resistividade. Parâmetros eletromagnéticos da fonte tais como potência e frequência da fonte também precisam ser incluído no modelo assim como quaisquer parâmetros do receptor necessários (na etapa de inversão), tais como comprimento da antena do receptor e geometria da fonte e receptor de campo (o sistema de aquisição

precisa, de forma exata, gravar a geometria). Este modelo inicial deve ser criado para ser tão realístico quanto possível. O processo de inversão (discutido abaixo) precisa naturalmente ser efetuado por métodos numérico, começando com uma primeira estimativa dos três ângulos de orientação do receptor. Uma boa estimativa inicial faz a inversão convergir rapidamente e evita a armadilha de uma solução mínima para a inversão.

Azimute do receptor determinado por outros métodos tais como a análise de polarização pode ser usada no modelo inicial. O declive do leito oceânico normalmente não é íngreme, e por conseguinte, os ângulos de inclinação dos dois canais horizontais podem ser configurados para ser zero no modelo inicial. O modelo de resistividade pode ser um modelo em camada consistindo de ar, água do mar, e fundo mar sedimentado. Mudanças na resistividade da água do mar com profundidade e freqüentemente é medida para cada área de levantamento de dados. Esta coluna de resistividade da água do mar medida deve ser usada no modelo inicial se disponível. Ao contrário, a coluna de resistividade da água do mar pode ser estimada por fórmulas empíricas; ver, por exemplo, Chave Et al, *Electromagnetic Methods in Applied Geophysics*. M. Nambighian, Ed., Society of Exploration Geophysicists, Vol. 2, 932 (1991). O leito oceânico sedimentário simplesmente pode ser um semi-espaço ou composto de um numero de camadas, ou um modelo mais sofisticado com entrada de outras medidas tais como levantamento de dados sísmicos

(iii) *Inverter dados para orientações de receptor*

Os dados selecionados são então invertidos para determinar as orientações do receptor. Sinais eletromagnéticos gravados pelo receptor são relacionados a geometria do transmissor e receptor (ambas, coordenadas e orientações) assim como estruturas de resistividade da terra. Esta relação (i. e. problema de avanço) pode ser escrita com $d = F(m, r_{TX}, \theta_{TX}, r_{RX}, \theta_{RX})$, onde d é um vetor de dados medidos, m é um modelo da resistividade da terra, (r_{TX}

$\theta_{TX}, r_{RX}, \theta_{RX}$) são coordenada e orientações do transmissor e do receptor, e F é conhecido das equações de Maxwell par aos campos EM e fornece um meio de computar d para qualquer modelo m e geometria de transmissor e de receptor. È bem conhecido que a estrutura de resistividade da terra pode ser recuperada das medidas de CSEM usando relações fornecidas pela equação acima. (Lu, et al. *Geophys. J. Int.* 138, 381 0 392 (1999)). Este processo de solução da equação “forward” para certas variáveis que F depende, é chamada solução do problema inverso, ou simplesmente inversão. Esta invenção usa o processo de inversão para recuperar orientação de receptor. Este processo de invenção pode ser simplesmente escrito como a seguir:

$$\text{função objeto} = \|\underline{W}d - \underline{W}Gp\| + \lambda R(m),$$

onde \underline{W} é uma matriz ponderada, \underline{G} é um operador de avanço de F , p é um vetor de parâmetros invertidos que inclui ambos um modelo de resistividade de terra e orientações de receptor $R(m)$ é um termo de regularização para atenuar a não singularidade única da inversão, e λ é um parâmetro de regularização. Conteúdo, respostas aceitáveis podem ser obtidas com o termo de regularização configurado igual a zero, e usando esquema de iteração de quadrados mínimos. O problema inverso e suas soluções tem sido extensivamente estudados. Ver, por exemplo, R. L. Parker, *Geophysical Inverse Theory*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey (1994); W. Menke, *Geophysycal Data Analysis: Discrete Inverse Theory*, Academic Press, San Diego, California (1989); e A. Tarantola, *Inverse Problem Theory, Methods for Data Fitting and Model Parameter Estimation*, Elsevier, Amsterdam, The Netherlans (1987). No decorrer do desenvolvimento do presente método inventivo, software de inversão de 1D foi licenciado da University of Wisconsin-Madison (Departament of Civil and Environmental Engineering, Engineering School) e software de inversão de 3D foi licenciado do Sandia national Laboratory.

Os ângulos de orientação do receptor são necessários de modo

a determinar com mais precisão a estrutura de resistividade de sub superfícies. Conseqüentemente, pode ser difícil chegar a uma boa estimativa para o modelo de resistividade na inversão para os ângulos de orientação. Em algumas modalidades da invenção, os dados preparados são invertidos para ambos, os ângulos de orientação do receptor e o modelo de resistividade da terra, simultaneamente. Em outras modalidades, a inversão é somente para os ângulos de orientação do receptor, no qual exemplos dos resultados dependerão da precisão do modelo de resistividade assumido. Quando ao modelo de resistividade é determinado usando os ângulos de orientação achados por um pedido da presente invenção, a inversão para os ângulos de orientação pode ser repetida, e então a inversão do modelo de resistividade pode ser efetuada uma segunda vez. Este ciclo pode ser iterativo até critério de término desejado seja obtido. Os cálculos de inversão podem ser efetuados em 1D, 2D, ou 3D.

15 Uso deste método pode determinar orientações do receptor. Essa invenção usa inversão para determinar todos os três ângulos que são necessários par definir as orientações do receptor, melhor do que apenas o azimute do receptor como proposto problema Mittet, et al.

Exemplo

20 Um modelo de 1D com a mesma geometria de fonte e receptor como o exemplo das Figuras 3 – 5 foi usado para gerar um conjunto de dados sintéticos em frequências de 0,125, 0,25, 0,5, 1,25, e 2,0 Hz para um receptor com $(\alpha, \beta, \gamma) = (330, 0, 2, 0, 4, 0)$. Este conjunto de dados então foi usado para testar como o método da presente invenção poderia determinar as orientações do receptor. Neste exemplo, o processo de inversão foi configurado para simultaneamente determinar as orientações do receptor e o modelo de resistividade. O modelo de resistividade inicial consistindo de área retangular, água do mar e um semi-espaco uniforme para o leito oceânico sedimentário e os ângulos iniciais para o receptor foram $(300, 0, 0, 0, 0, 0)$. Após aplicar o

presente método inventivo, os ângulos de orientação resultantes foram $(\alpha, \beta, \gamma) = (329,97, 1,95, 3,88)$. Os ângulos recuperados estão bem perto dos ângulos usados para gerar os dados sintéticos, demonstrando a exatidão do método inventivo.

REIVINDICAÇÕES

1. Método implementado por computador para determinar três ângulos independentes especificando orientação de receptores eletromagnéticos em um levantamento de dados eletromagnéticos marinhos, caracterizado pelo fato de compreender:

(a) selecionar dados de levantamento de dados de acordo com critério incluindo proporção de sinal para ruído e grau de distorção;

(b) criar um modelo representando a geometria de receptor fonte do levantamento de dados e mídia para transmissão de sinal elétrico, mencionado modelo compreendendo três ângulos de orientação do receptor, um modelo de resistividade, e uma fonte eletromagnética (transmissor) e parâmetros do receptor; e

(c) resolver equações de campo eletromagnético de Maxwell com o modelo e os dados de levantamento de dados selecionados como informação de entrada e mencionados três ângulos de orientação como desconhecidos, mencionada solução sendo efetuada por inversão numérica iterativa.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os dados de levantamento de dados são transformados para o domínio da frequência, pelo menos, antes da solução através da etapa de inversão.

3. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a transformação é através de transformada de Fourier.

4. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que mencionada geometria de receptor fonte inclui orientações angulares da fonte eletromagnética (transmissor) e coordenadas de ambos, receptor e transmissor.

5. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente:

(d) revisar o modelo para incluir os ângulos de orientação do receptor calculados e repetir a etapa de inversão com resistividade como a desconhecida; e

(e) repetir etapa (c) com os valores de resistividade do modelo atualizado para os valores de resistividade calculados na etapa anterior.

6. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a resistividade como uma função da posição do modelo é tratada com um desconhecido adicional e é resolvido na etapa de inversão.

7. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o modelo é selecionado de um grupo consistindo de um modelo unidimensional, um modelo bidimensional, e um modelo tridimensional.

8. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os mencionados dados de levantamento de dados incluem valores medidos de um componente de campo eletromagnético em linha, pelo menos, um componente de campo eletromagnético em linha cruzada e, pelo menos, um componente de campo eletromagnético vertical.

9. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que os dados de levantamento de dados são selecionados de um grupo consistindo de dados de amplitude, dados de fase, e ambos dados de amplitude e fase.

10. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a inversão é efetuada minimizando um função de objeto.

11. Método de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a função de objeto é

$$\text{função objeto} = \|\underline{W}\underline{d} - \underline{W}\underline{G}\underline{p}\| + \lambda R(\underline{m}),$$

onde \underline{W} é uma matriz de ponderação, \underline{G} é um operador de avanço das equações de Maxwell, e \underline{p} é um vetor de parâmetros invertidos que incluem ambos um modelo de resistividade de terra e orientações de receptor, \underline{d} são os dados selecionados expressos como um vetor, $R(\underline{m})$ é um termo de

regularização para atenuar a não singularidade da inversão, e λ é um parâmetro de regularização.

5 12. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que mencionados dados de levantamento de dados incluem valores medidos de, pelo menos, um componente de campo eletromagnético em linha e, pelo menos, um componente de campo eletromagnético vertical.

10 13. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que dados de levantamento de dados correspondendo a desvios de receptor fonte maiores do que um valor máximo pré-selecionado e menores do que um valor mínimo pré-selecionado, não são selecionados para inversão, mencionado valor máximo sendo selecionado com base em, pelo menos, em parte, nas considerações de sinal para ruído e valor mínimo sendo selecionado com base em, pelo menos, em parte, nas considerações de saturação do receptor.

15 14. Método de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que inversão é inversão de quadrados mínimos, e $\lambda = 0$.

15. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os mencionados dados selecionados consistem de, pelo menos, três pontos de dados independentes.

20 16. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que os dados de levantamento de dados selecionados de um grupo consistindo da parte real dos dados, da parte imaginária dos dados, e ambos, dados reais e imaginários.

25 17. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que mencionado modelo de resistividade inclui uma camada de terra e uma camada de água.

18. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que mencionado modelo de resistividade ainda inclui uma camada de área retangular.

19. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que mencionados parâmetros do receptor e fonte eletromagnética incluem potência e frequência da fonte e comprimento da antena do receptor.

5 20. Método para produzir hidrocarbonetos a partir de uma região subterrânea, caracterizado pelo fato de compreender:

(a) obter dados de campo eletromagnético a partir de um levantamento de dados eletromagnético por fonte controlada da região subterrânea;

10 (b) selecionar dados de levantamento de dados de acordo com critério incluindo proporção de sinal para ruído e grau de distorção;

(c) obter um modelo representando a geometria de receptor fonte do levantamento de dados e média para transmissão de sinal elétrico, mencionado modelo compreendendo três ângulos de orientação do receptor, um modelo de resistividade, e uma fonte eletromagnética (transmissor) e parâmetros do receptor; e

15 (d) obter solução das equações de campo eletromagnético de Maxwell com o modelo e os dados de levantamento de dados selecionados como informação de entrada e mencionados três ângulos de orientação como desconhecidos, mencionada solução sendo efetuada por inversão numérica iterativa.

(e) usar os três ângulos de orientação para resolver dados de campo eletromagnético medido em componentes de em linha, em linha cruzada e verticais, onde linha se refere a uma linha contendo sucessivas posições de fonte; e

25 (f) produzir hidrocarbonetos a partir das localizações na mencionada região subterrânea indicada por anomalias de resistividade encontrada nos dados de campo eletromagnético resolvidos.

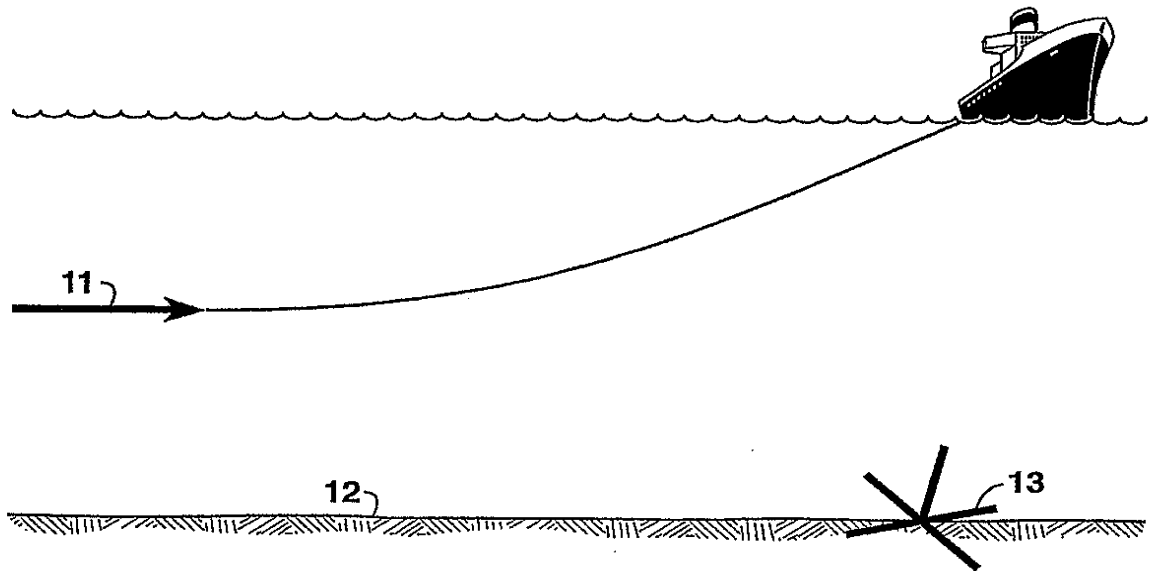


FIG. 1
Técnica anterior

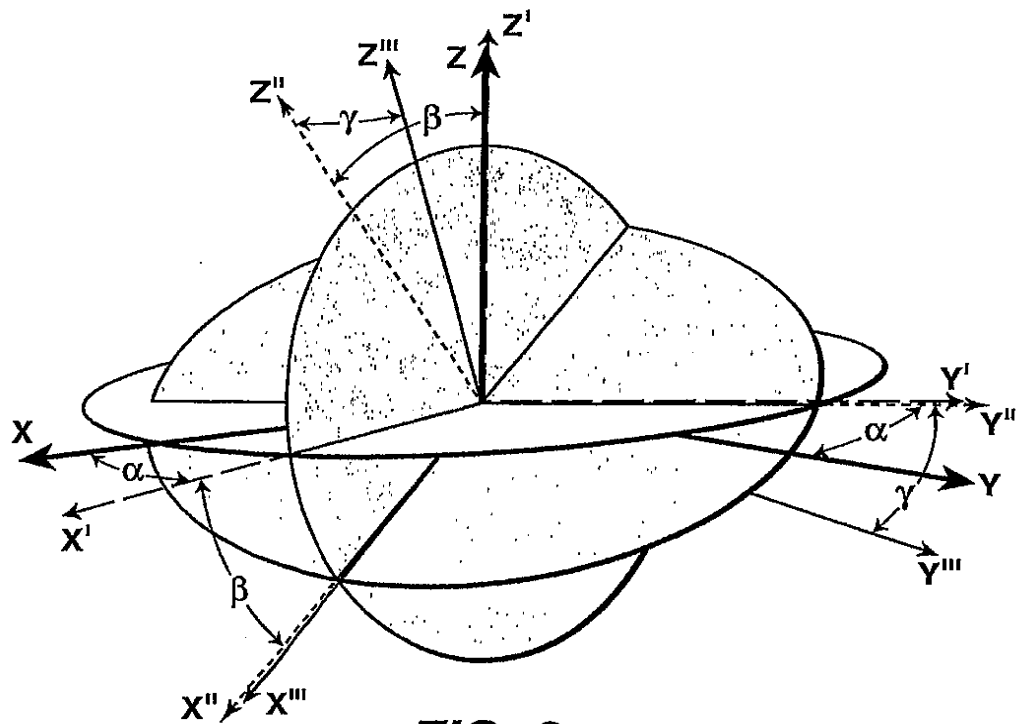
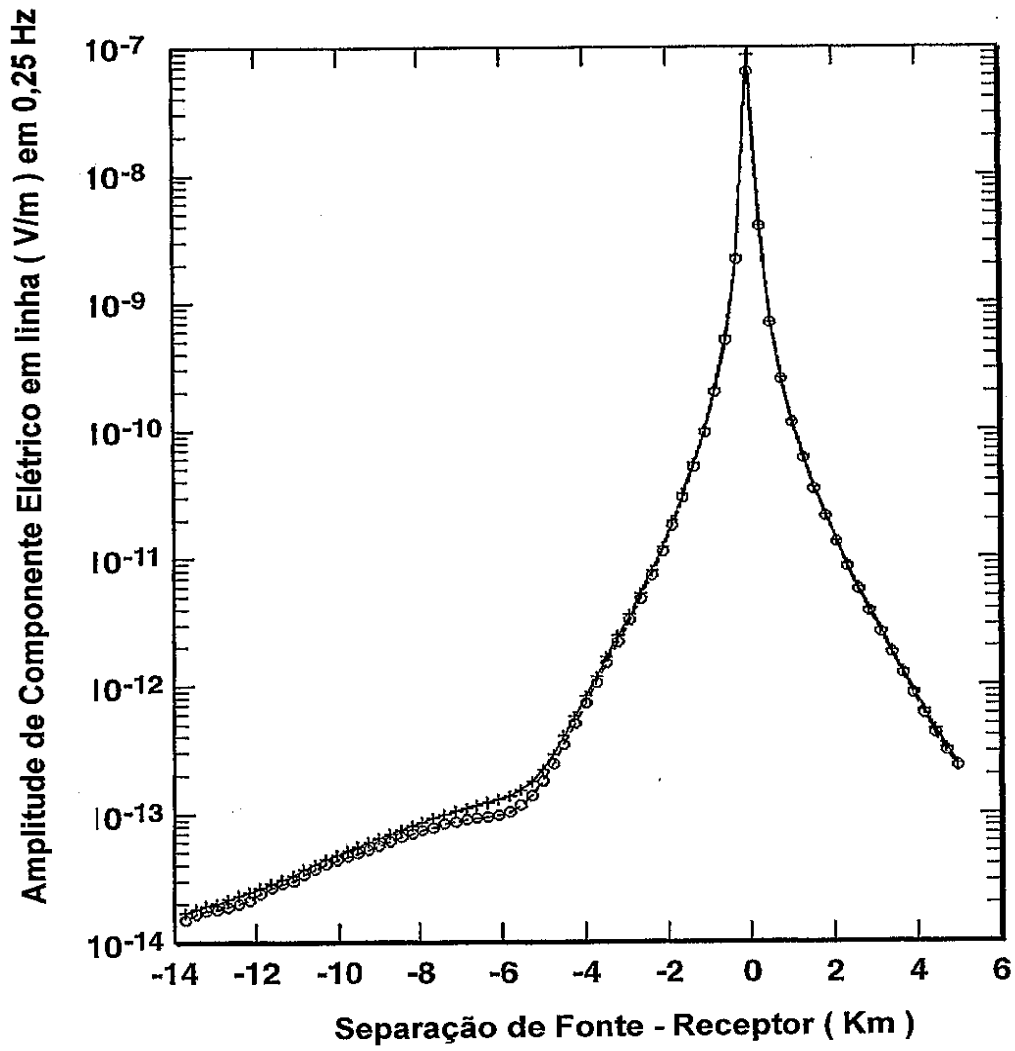


FIG. 2
Técnica Anterior

**FIG. 3**

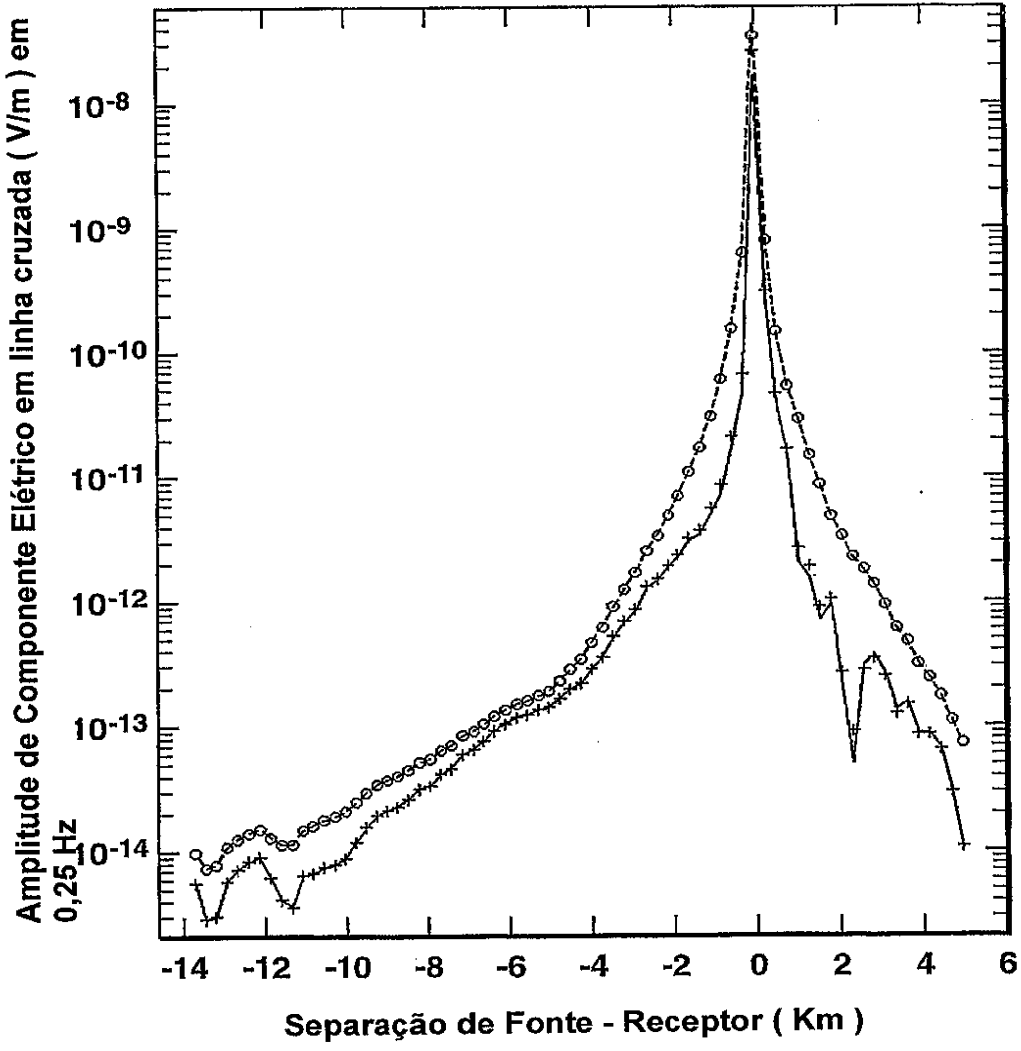


FIG. 4

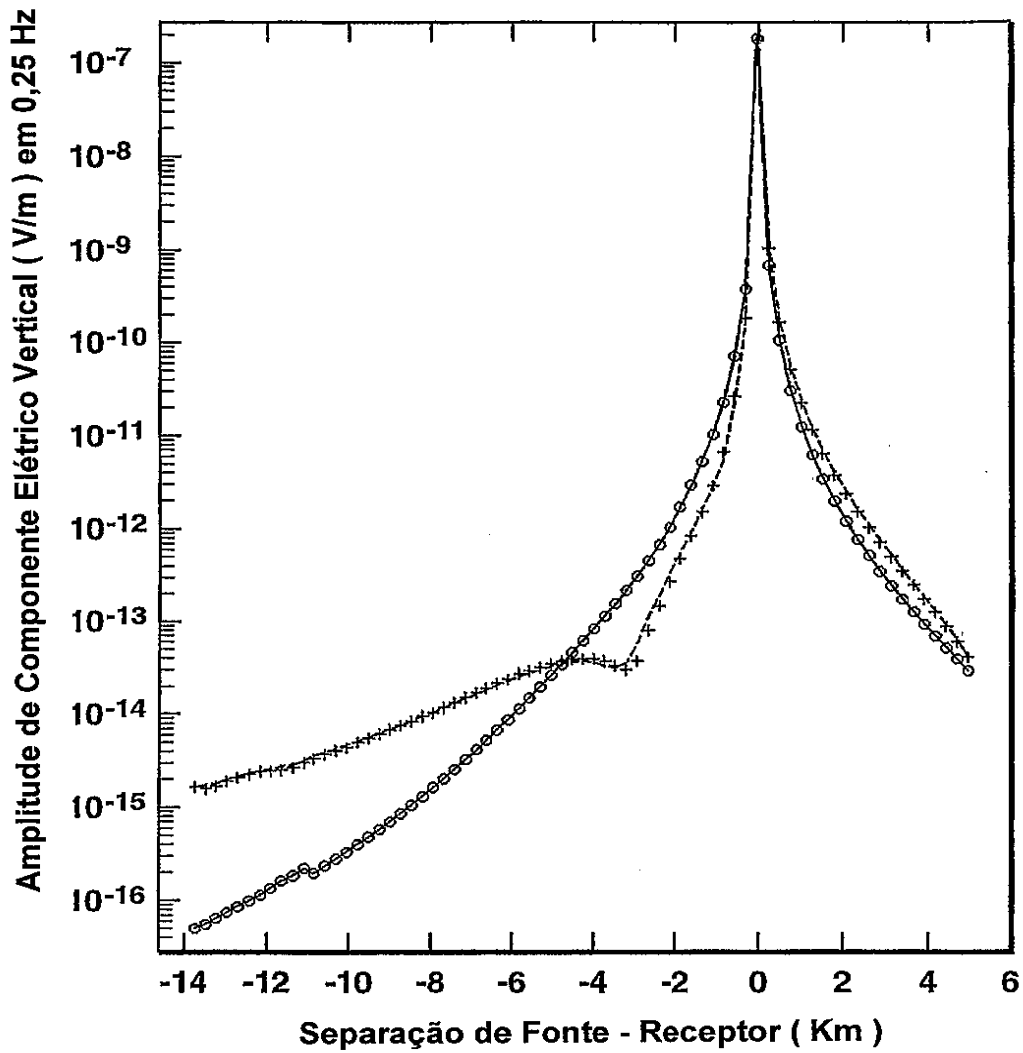


FIG. 5

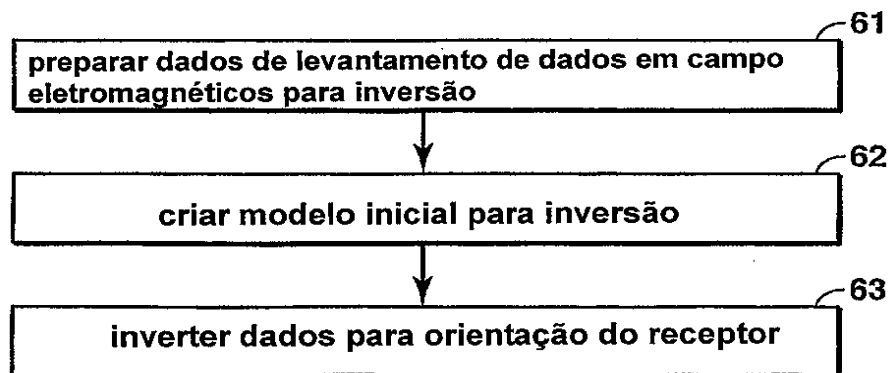


FIG. 6

RESUMO

“MÉTODOS IMPLEMENTADO POR COMPUTADOR PARA DETERMINAR TRÊS ÂNGULOS INDEPENDENTES ESPECIFICANDO ORIENTAÇÃO DE RECEPTORES ELETROMAGNÉTICOS EM UM LEVANTAMENTO DE DADOS ELETROMAGNÉTICOS MARINHOS, E PARA PRODUZIR HIDROCARBONETOS A PARTIR DE UMA REGIÃO SUBTERRÂNEA”

Método para completamente especificar orientação de receptores eletromagnéticos colocados no fundo do oceano em um levantamento de dados eletromagnético. Dados de levantamento de dados são selecionados, rejeitando dados ruidosos com longos desvios e dados onde o receptor se saturou com curtos desvios (61). Um modelo é desenvolvido compreendendo três ângulos de orientação do receptor independentes completamente especificando a orientação do receptor em três dimensões, e um modelo de resistividade de terra incluindo uma camada de água e possivelmente uma camada de área retangular (62). Equações de Maxwell aplicadas ao modelo e aos dados selecionados, são então invertidas para determinar as orientações do receptor (63).