



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

(21) **PI0617290-3 A2**



* B R P I 0 6 1 7 2 9 0 A 2 *

(22) Data de Depósito: 28/08/2006
(43) Data da Publicação: 19/07/2011
(RPI 2115)

(51) *Int.Cl.:*
G01V 3/00 2006.01
G01V 3/12 2006.01
G01V 3/15 2006.01
G01V 3/17 2006.01

(54) Título: **MÉTODOS DE CONSTRUIR UM SINAL PARA UMA FONTE AO LONGO DE UMA LINHA DE PROSPECÇÃO GEOFÍSICA E PARA UMA PROSPECÇÃO ELETROMAGNÉTICA COM FONTE CONTROLADA, TRANSMISSOR PARA CONSTRUIR UMA FORMA DE ONDA COMPOSTA PARA UMA FONTE AO LONGO DE UMA LINHA DE PROSPECÇÃO GEOFÍSICA E SISTEMA PARA CONDUZIR UMA PROSPECÇÃO ELETROMAGNÉTICA COM FONTE CONTROLADA**

(57) **Resumo:** MÉTODOS DE CONSTRUIR UM SINAL PARA UMA FONTE AO LONGO DE UMA LINHA DE PROSPECÇÃO GEOFÍSICA E PARA UMA PROSPECÇÃO ELETROMAGNÉTICA COM FONTE CONTROLADA, TRANSMISSOR PARA CONSTRUIR UMA FORMA DE ONDA COMPOSTA PARA UMA FONTE AO LONGO DE UMA LINHA DE PROSPECÇÃO GEOFÍSICA E SISTEMA PARA CONDUZIR UMA PROSPECÇÃO ELETROMAGNÉTICA COM FONTE CONTROLADA. Um método e um aparelho para a construção de um sinal para uma prospecção eletromagnética com fonte controlada é descrito. Numa forma de realização, é descrito um método que inclui determinar uma primeira forma de onda e uma segunda forma de onda, relacionadas com um espectro de frequências combinado com uma largura de banda associados a uma linha de prospecção geofísica. Assim, é construído um sinal através da determinação da seqüência da primeira com a segunda forma de onda. Este sinal pode é utilizado num transmissor, que pode é içado por uma embarcação ao longo da linha de prospecção geofísica

(30) Prioridade Unionista: 14/10/2005 US 60/726902

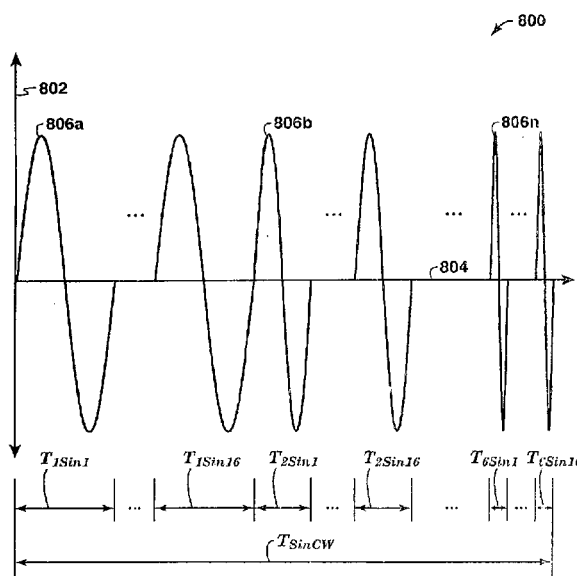
(73) Titular(es): Exxonmobil Upstream Research Compony

(72) Inventor(es): Dennis E. Willen, Scott C. Hornbostel, Xinyou Lu

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

(86) Pedido Internacional: PCT US2006033695 de 28/08/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/046952 de 26/04/2007



“MÉTODOS DE CONSTRUIR UM SINAL PARA UMA FONTE AO LONGO DE UMA LINHA DE PROSPECÇÃO GEOFÍSICA E PARA UMA PROSPECÇÃO ELETROMAGNÉTICA COM FONTE CONTROLADA, TRANSMISSOR PARA CONSTRUIR UMA FORMA DE ONDA COMPOSTA PARA UMA FONTE AO LONGO DE UMA LINHA DE PROSPECÇÃO GEOFÍSICA E SISTEMA PARA CONDUZIR UMA PROSPECÇÃO ELETROMAGNÉTICA COM FONTE CONTROLADA”

Este Pedido de Patente reivindica os melhoramentos do Pedido de Patente Provisória norte-americana No. US 60/726,902 depositada em 14 de Outubro de 2005.

CAMPO DA INVENÇÃO

Esta invenção refere-se, em termos gerais, à área da prospecção geofísica e, mais particularmente, às prospecções eletromagnéticas. Especificamente, a invenção refere-se à área das prospecções eletromagnéticas em fonte controlada para aplicações geofísicas, e a transmissores de formas de onda para gerar campos eletromagnéticos em fonte controlada.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Esta secção tem como objetivo apresentar ao leitor vários aspectos da técnica, que podem estar associados a formas de realização exemplificativas das técnicas da presente invenção, descritas e/ou reivindicadas à continuação. Acreditamos que esta discussão será de grande ajuda ao leitor fornecendo-lhe informação que facilite uma melhor compreensão de certos aspectos das presentes técnicas. Assim, deverá ser entendido que estas informações devem ser lidas neste âmbito e não necessariamente admitindo-as como o estado da técnica anterior.

Para obter os dados geofísicos sobre áreas específicas, um sistema de prospecção geofísica eletromagnética em fonte controlada (CSEM) pode utilizar um transmissor e receptores. Neste tipo de sistema, o transmissor

pode sobrevoar a superfície terrestre com um avião ou pode ser rebocado por uma embarcação ao longo de uma linha de prospecção. Geralmente, o transmissor é uma fonte artificial que gera campos eletromagnéticos para excitar a terra. As formas de onda ou sinais transmitidos são recebidos pelos receptores na superfície da terra, no solo marítimo e/ou no interior dos furos de sondagens para medir o campo elétrico e o campo magnético de uma área específica da terra. Os campos eletromagnéticos (EM) gerados pelo transmissor podem ser criados com a injeção de correntes na terra ou na água do mar/fundo marítimo ou fazendo oscilar as correntes em bobinas de circuito fechado, em qualquer dos casos, utilizando uma forma de onda periódica de baixa frequência escolhida. A forma da onda transmitida determina o seu espectro de frequência. Isto é, o transmissor controla o conteúdo da frequência, a distribuição da frequência e a amplitude de cada frequência para a forma de onda transmitida. Estes campos elétricos e magnéticos medidos são depois analisados para determinar a resistividade elétrica das estruturas terrestres, sob a superfície da terra ou sob o solo marítimo.

Como pode ser verificado, esta tecnologia tem sido aplicada nas explorações de minério em terra, em estudos tectônicos do oceano, e nas prospecções petrolíferas e de recursos minerais em alto mar. Por exemplo, como o anteriormente descrito, as prospecções geofísicas eletromagnéticas em fonte controlada (CSEM) podem ser realizadas com sistemas baseados em veículos em terra, com sistemas baseados nas embarcações colocadas no mar e/ou num avião ou em dispositivos colocados no espaço aéreo, que foram adicionalmente discutidos em vários documentos. Ver A.D. Chave, S. Constable, & R.N. Edwards, in "*Eletromagnetic Methods in Applied Geophysics*" (ed. M.N. Nabighian), Vol. 2, 931-966, Society of Exploration Geophysicists; S. Constable & C.S. Cox, *J. Geophys. Res.*, Vol. 101, 5519-5530, 1996; L. MacGregor, M. Sinha, & S. Constable, *Geophys. J. Int.*, Vol.

146, 217-236, 2001; S. Ellingsrud, T. Eidesmo, S. Johansen, M.C. Siriha, L.M. MacGregor, & S. Constable, *"The Leading Edge"*, 972-982, 2002; T. Eidesmo, S. Ellingsrud, L.M. MacGregor, S. Constable, M.C. Sinha, S. Johansen, F.N. Kong, & H. Westerdahl, *First Break*, Vol. 20.3, 144-152, 5 2002.

No entanto, devido ao custo das operações com aviões ou com embarcações, o atravessar a linha de prospecção deve ser realizada de uma só vez. Isto é, os dados para uma linha única de prospecção podem ser recolhidos de uma só vez para reduzir os custos operativos. Este processo 10 passagem único com a utilização de formas de onda habitualmente disponíveis apresenta alguns problemas com a largura da banda de frequência, a eficiente transmissão de energia nas frequências desejadas, e a distribuição da energia das frequências transmitidas. Por exemplo, as formas de ondas disponíveis podem não prover uma largura da banda de frequência 15 suficientemente larga para detectar a margem de profundidades desejadas. Enquanto que os ruídos podem degradar a qualidade dos dados porque a energia transmitida é limitada e não é bastante forte para nalgumas frequências gerar respostas mensuráveis. Conseqüentemente, existe a necessidade de um método e de um aparelho desenhado para gerar as 20 transmissões em formas de onda nas prospecções eletromagnéticas com fonte controlada para aplicações geofísicas que compensem as limitações do transmissor de energia e o ruído provido ao sistema de medição.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

25 Numa forma de realizar a invenção, é descrito um método de construção de um sinal para uma fonte ao longo de uma linha de prospecção geofísica para uma prospecção eletromagnético de fonte controlada. O método inclui a determinação de uma primeira forma de onda e de uma segunda forma de onda. Estas estão relacionadas com um espectro de frequências combinado e a uma largura de banda associada a uma linha de prospecção

geofísica. Assim, um sinal é construído para um período de tempo específico ao longo da linha de prospecção geofísica através da determinação de uma seqüência entre a primeira e a segunda forma de onda. O sinal é repetido para outro período de tempo ao longo da linha de prospecção geofísica. O espectro das frequências combinado com a largura de banda é configurado para explorar uma margem pré-selecionada das profundidades alvo e a primeira e a segunda forma de ondas são ordenadas ao longo das seções espaciais da linha da prospecção geofísica, que pode ser utilizada com uma fonte em movimento.

10 Numa primeira forma de realizar a invenção alternativa, é descrito um método para a construção de um sinal para uma prospecção eletromagnética com fonte controlada. O método inclui determinar um período de tempo para uma forma de onda composta associada a uma linha de prospecção geofísica. Assim, um espectro de frequências é determinado para a forma de onda composta. Com o espectro, é construída uma forma de onda composta que possui uma série de formas de onda base baseadas no período de tempo e no espectro das frequências. Seguidamente, a forma de onda composta é repetida para períodos de tempo diferentes ao longo da linha de prospecção geofísica.

20 Numa segunda forma de realizar a invenção alternativa, é descrito um transmissor para construir uma forma de onda composta para uma fonte ao longo de uma linha de prospecção geofísica para uma prospecção eletromagnética com fonte controlada. O transmissor inclui uma antena e um sistema lógico de criação de forma de onda acoplado à antena. O sistema lógico de criação da forma de onda é configurado para prover uma série de formas de onda base, em que a pluralidade de formas de onda base estão relacionadas a um espectro de frequências combinadas e a uma largura de banda associada a uma linha de prospecção geofísica; para construir uma forma de onda composta que tenha um período de tempo específico para a

determinação das seqüências da pluralidade de formas de onda base; e repetir a forma de onda composta noutro período de tempo ao longo da linha de prospecção geofísica. O espectro das freqüências combinado com a largura de banda é utilizado para explorar uma margem pré-selecionada de profundidades do alvo associadas a uma linha de prospecção geofísica. Sendo o período de tempo específico para a forma de onda composta associado com uma das várias seções espaciais ao longo da linha da prospecção geofísica.

10 Numa terceira forma de realizar a invenção alternativa, é descrito um sistema para conduzir uma prospecção eletromagnética em fonte controlada com uma forma de onda composta para uma fonte ao longo de uma linha de prospecção geofísica. O sistema inclui uma embarcação com um transmissor acoplado via um cabo e pelo menos um receptor configurada para detectar a forma de onda composta. O transmissor inclui circuitos de transmissão e um sistema lógico de criação de forma de onda acoplado a um
15 circuito de transmissão. O sistema lógico de criação de forma de onda é configurado para prover uma série de formas de onda base, em que a série de formas de onda base estão relacionadas a uma freqüência combinada de espectro e de largura de banda associadas a uma linha de prospecção geofísica; para construir a forma de onda composta que tem um período de
20 tempo específico determinando a seqüência da série de formas de onda base; e para repetir a forma de onda composta noutro período de tempo ao longo da linha de prospecção geofísica.

25 Numa quarta forma de realizar a invenção alternativa, é descrito um método de construção de um sinal para uma prospecção eletromagnética com fonte controlada. O método inclui determinar uma primeira e uma segunda forma de onda, relacionando-as a um espectro de freqüências combinado com a largura de banda associado a uma linha de prospecção geofísica e construindo um sinal com a determinação de uma seqüência entre a primeira e a segunda forma de onda, em que o sinal tem

durações e espaços dispostos de forma a que a onda composta tenha o conteúdo espectral desejado.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

5 As vantagens anteriormente referidas, assim como outras vantagens da técnica da presente invenção, serão mais evidentes após a leitura da descrição detalhada à continuação com referência aos desenhos, em que:

A figura 1 é um diagrama exemplificativo de um sistema em alto mar de uma prospecção geofísica eletromagnética com fonte controlada em de acordo com as técnicas da presente invenção;

10 A figura 2 é um diagrama por blocos exemplificativo de um transmissor utilizado no sistema de prospecção geofísica CSEM da figura 1 de acordo com as técnicas da presente invenção;

15 As figuras de 3A a 3F são gráficos exemplificativos de algumas formas de onda base utilizadas no sistema de prospecção geofísica CSEM da figura 1 de acordo com as técnicas da presente invenção;

A figura 4 é um gráfico exemplificativo do esquema de transmissão da forma de onda no sistema de prospecção geofísica CSEM da figura 1 ;

20 As figuras 5A e 5B são exemplos de perfis da resistividade da terra gerados a partir dos dados adquiridos a partir do sistema de prospecção geofísica CSEM da figura 1, de acordo com as técnicas da presente invenção;

A figura 6 é um fluxograma exemplificativo da construção de uma forma de onda composta para ser utilizada no sistema de prospecção geofísica da figura 1, de acordo com as técnicas da presente invenção;

25 A figura 7 é um fluxograma exemplificativo da operação do processo da figura 6 de acordo com as técnicas da presente invenção;

As figuras de 8A a 8C constituem gráficos exemplificativos de formas de onda utilizadas no processo da figura 6 de acordo com as técnicas da presente invenção;

A figura 9 é um gráfico exemplificativo de uma forma de onda composta utilizando diferentes tipos de formas de onda base de acordo com as técnicas da presente invenção;

5 As figuras 10A e 10B são gráficos exemplificativos de uma forma de onda composta que utiliza diferentes frequências para amplificar as formas de onda base de acordo com as técnicas da presente invenção;

A figura 11 é um diagrama por blocos representativo de um transmissor com posição lógica utilizado no sistema de prospecção geofísica CSEM da figura 1; e

10 A figura 12 é um fluxograma exemplificativo da construção de uma forma de onda composta durante a prospecção geofísica para o sistema de prospecção geofísica da figura 1 de acordo com as técnicas da presente invenção.

15 DESCRIÇÃO DETALHADA DAS FORMAS DE REALIZAÇÃO PREFERENCIAIS

Na descrição detalhada à continuação, as formas específicas de realizar a presente invenção serão descritas em relação às suas formas preferidas de a realizar. A invenção será descrita em relação com as suas formas preferidas de a realizar. No entanto, o âmbito da seguinte descrição
20 detalhada é específico a uma forma de realizar ou a uma utilização específica da invenção, deve ser entendido que esta é apenas ilustrativa, e não deve ser considerada como limitativa do objetivo da invenção. Conseqüentemente, a invenção não é limitada às suas formas específicas de a realizar descritas à
25 continuação, mas pelo contrário, esta se destina a abranger todas as alternativas, modificações e equivalentes que podem ser incluídas dentro do espírito e âmbito da invenção, tal e como é definida pelas reivindicações anexas.

A técnica da presente invenção refere-se a um método e a um sistema para otimizar os transmissores de formas de onda. De acordo com

técnicas da presente invenção, que podem neste caso ser denominadas como Transmissor de forma de onda com multiplexação por divisão do tempo (Time Division Multiple Waveform Transmitting TDMWT), um transmissor que transmite uma forma de onda composta de diferentes formas de onda base em períodos de tempo designados em vez de uma forma de onda base. As séries repetidas de formas de onda base combinadas, como por exemplo uma primeira forma de onda e uma segunda forma de onda, são referidos como uma forma de onda composta. As formas de onda base individuais na forma de onda composta podem ser repetidas e ajustadas para agirem de acordo com os objetivos da prospecção. Isto é, o transmissor da técnica da presente invenção distribui poder a frequências específicas para melhorar a qualidade dos dados recebidos em diferentes lugares ao longo de uma linha de prospecção. Assim, o transmissor que utiliza as técnicas da presente invenção pode melhorar a prospecção geofísica.

Voltando novamente aos desenhos, e primeiramente fazendo referência à figura 1, nesta é ilustrado um sistema de prospecção geofísica exemplificativo. O sistema da prospecção geofísica 100 inclui um transmissor 102 e vários receptores de 106a a 106n colocados em várias posições. O transmissor 102 é rebocado ao longo de um trajeto estabelecido por uma embarcação, como por exemplo um navio de prospecção 104, para gerar campos EM de formas de ondas para os receptores 106a a 106n. O número de receptores 106a a 106n pode ser variável dependendo a quantidade destes da área da prospecção ou de outras limitações. Seguidamente, os receptores de 106a a 106n são recolhidos e os dados registrados são analisados para inferir os aspectos geofísicos associados da área do alvo.

O sistema de prospecção geofísica 100, que inclui o transmissor 102 e os receptores de 106a a 106n, provê dados sobre as propriedades geofísicas das regiões da sub-superfície de 112a a 112n. Conseqüentemente, o transmissor 102 pode incluir diferentes componentes, os

quais são discutidos na figura 2, que são utilizados para transmitir sinais que têm formas de onda específicas para conduzir uma prospecção geofísica eletromagnética com fonte controlada (CSEM). O transmissor 102 pode ser rebocado pela embarcação 104, que opera na superfície 108 de uma extensão de água, via um cabo 105. O cabo 105 pode ser utilizado pelo navio da prospecção 104 para prover energia e a comunicação com o transmissor 102. Isto é, o transmissor 102 pode utilizar a energia a partir do navio de prospecção 104 para transmitir as formas de ondas aos vários receptores 106a a 106n.

Os receptores de 106a a 106n podem ser distribuídos ao longo do solo marítimo 110, num modelo específico, como por exemplo uma linha da prospecção, que pode ser ao longo de uma linha reta, num modelo em rede, ou mesmo dentro de um furo. Deverá ser ainda salientado que os receptores podem ser distribuídos no interior de uma perfuração ou noutros lugares. Os receptores de 106a a 106n podem ser dispositivos que recolhem as respostas eletromagnéticas da terra às formas de onda transmitidas pelo transmissor 102 juntamente com outros sinais para um período específico de tempo. Isto é, os receptores de 106a a 106n podem ser utilizados para recolher qualquer sinal ou forma de onda para um período específico de tempo. Esta informação ou dados são seguidamente correlacionados com a posição do transmissor 102 para prover dados geofísicos acerca da área da sub-superfície, como por exemplo as regiões subterrâneas de 112a a 112n. Com estes dados correlacionados, um poço (não mostrado) pode ser perfurado e finalizado para produzir os hidrocarbonetos a partir da região subterrânea 112a a 112n.

Conseqüentemente, porque o navio de prospecção 104 pode rebocar o transmissor 102 em vários modelos, baseados nas posições dos receptores de 106a a 106n ou noutras áreas geofísicas de interesse, para as áreas específicas são obtidos o campo elétrico e o campo magnético. O campo elétrico e o campo magnético medidos pelos receptores 106a a 106n são

depois analisados para determinar a resistividade elétrica das estruturas da terra sob a superfície ou solo marítimo. Esta tecnologia tem vindo a ser aplicada nas explorações de minério em terra, em estudos tectônicos do oceano, e nas prospeções petrolíferas e de recursos minerais em alto mar como discutido em *Eletromagnetic Methods in Applied Geophysics, Geophy. J. Int* and *First Break*, incorporados na presente invenção como referência. Ver A. D. Chave, S. Constable, & R.N. Edwards, em *Eletromagnetic Methods in Applied Geophysics* (ed. M. N. Nabighian), Vol. 2, 931-966, Society of Exploration Geophysicists; L. MacGregor, M. Sinha, & S. Constable, *Geophy. J. Int.* 146, 217-236 (2001); T. Eidesmo, S. Ellingsrud, L. M. MacGregor, S. Constable, M. C. Sinha, S. Johansen, F. N. Kong, & H. Westerdahl, *First Break* 20.3, 144-152 (2002).

O transmissor 102 gera os campos eletromagnéticos transmitindo corrente elétrica variável no tempo ou formas de onda com um modelo determinado. O modelo desta forma de onda determina o seu espectro de frequência. Isto é, o transmissor para cada frequência controla o conteúdo, a fase e a amplitude. Geralmente, só é efetuada uma única passagem sobre uma parte específica do solo marítimo 110 devido ao custo associado com as operações do navio de prospeção 104. No entanto, com uma única passagem é difícil adquirir dados de fiáveis a níveis de profundidades de exploração utilizando formas de ondas habitualmente disponíveis. Assim, o transmissor 102 pode incluir vários componentes para criar e controlar a criação de formas de onda, que serão discutidas mais tarde, na figura 2.

A figura 2 é um diagrama por blocos exemplificativo de um transmissor utilizado no sistema de prospeção geofísica CSEM 100 da figura 1. Na figura 2, o transmissor 102 pode incluir vários componentes que interajam com o navio de prospeção 104 via cabo 105 para distribuir energia e gerar várias formas de onda. Por exemplo, o transmissor 102 inclui a lógica de distribuição de energia 202, a lógica da criação da forma de onda 204 e os

5 circuitos de transmissão 206. Cada um destes componentes é utilizado para gerar as formas de onda transmitidas aos receptores 106a a 106n. Deve ser salientado que este transmissor 102 é a título de exemplo, porque estes componentes podem ser colocados no interior de outros dispositivos, como por exemplo o navio de prospecção 104, ou combinado com outras formas de realização, o que serão discutidas mais adiante.

10 A lógica da distribuição da energia 202 pode ser utilizada para distribuir energia à lógica da criação da forma de onda 204 e aos circuitos de transmissão 206 no interior do transmissor 102. A lógica da distribuição de energia 202 pode incluir componentes de software, componentes de hardware, e/ou uma combinação dos dois. A lógica da distribuição da energia 202 pode receber energia a partir do navio de prospecção 104 via cabo 105 ou pode estar acoplada a uma fonte de energia, como por exemplo uma bateria colocada no interior do transmissor 102. Com a energia, a lógica da
15 distribuição da energia 202 distribui a energia a outros componentes para que o transmissor 102 funcione. Como a energia fornecida ao transmissor 102 pode ser relativamente fixa ou limitada, a distribuição de energia pode ser um fator limitativo no que respeita à intensidade das formas de onda geradas a partir do transmissor 102.

20 A lógica de criação da forma de onda 204 pode ser utilizada para gerar várias formas de onda base. Idêntica à lógica da distribuição da energia 202, também a lógica da criação da forma de onda 204 pode incluir componentes de software, componentes de hardware, e/ou uma combinação dos dois. A seleção das formas de onda assim como a sua duração podem
25 influenciar a configuração específica da lógica da criação da forma de onda 204, a qual será discutida mais tarde. Independentemente de gerar as formas de onda específicas, a lógica da criação da forma de onda 204 recebe energia a partir da lógica da distribuição de energia 202 e utiliza esta energia para gerar as formas de onda providas aos circuitos de transmissão 206. A seleção

das formas de onda base na forma de onda composta pode ser armazenada na memória da lógica da criação da forma de onda 204 antes da utilização do transmissor 102. Isto é, as formas de onda compostas específicas a serem transmitidas ou os parâmetros para gerar as formas de onda compostas pelo transmissor 102 podem ser determinadas e armazenadas dentro do transmissor 102 para serem utilizadas por cima de uma linha de prospecção geofísica. A quantidade de energia e a maneira como a energia é distribuída à lógica da criação da forma de onda 204 pode estar baseada na comunicação entre a lógica da criação da forma de onda 204 e a lógica da distribuição de energia 202.

Os circuitos de transmissão 206 podem ser utilizados para transmitir as formas de onda criadas pela lógica da criação da forma de onda 204. Os circuitos de transmissão 206 podem incluir uma antena, como, por exemplo, uma antena de quadro ou uma antena bipolar, juntamente com outros componentes de software e de hardware. Estes componentes podem ser utilizados para controlar e coordenar a transmissão das formas de onda compostas via antena dos receptores de 106a a 106n. Adicionalmente os circuitos de transmissão 206 podem incluir ainda uma lógica de sincronização 208 que provê para o transmissor 102 um tempo padrão. A lógica de sincronização 208 pode ser utilizada para comunicar com a lógica da criação da forma de onda 204 para determinar ou ajustar as formas de onda base e compostas. Conseqüentemente, para agir de acordo com os objetivos da prospecção e para melhorar a prospecção geofísica, devem ser considerados vários aspectos das formas de onda, como a forma e a amplitude da forma de onda, a clareza dos dados recebidos, e/ou problemas de ambigüidade dos dados, como será discutido abaixo.

Uma variedade de formas de onda estão disponíveis para serem utilizadas. Por exemplo, a mais simples de todas é a onda sinusoidal que contém somente uma freqüência. A onda quadrada também é outra forma

de onda bastante utilizada, que inclui a onda quadrada simétrica que tem a mesma duração temporal para as polaridades positivas e negativas. *Ver* L. M. MacGregor, *Electromagnetic investigation of the Reykjanes Ridge near 58° North*, Ph.D. Dissertation, Cambridge, 84-86 (1997). A onda quadrada simétrica tem só harmônicos ímpares no seu espectro e as amplitudes diminuem rapidamente com os harmônicos crescentes. Porque as frequências múltiplas oferecem uma vantagem em termos de resolução espacial dos dados, a limitada flexibilidade das formas de onda sinusoidais e quadradas para transmitir elevada energia em várias frequências durante uma única passagem do navio de prospecção 104, restringe a recolha de dados de alta qualidade para estas formas de onda.

Conseqüentemente, têm sido projetadas e criadas algumas formas de onda especiais. Por exemplo, uma forma de onda Cox tem uma amplitude relativamente grande tanto para o primeiro como para o terceiro harmônicos. *Ver* S. Constable & C. S. Cox, *J. Geophys. Res.*, Vol. 101, 5519-5530, 1996). Infelizmente, a banda de frequência coberta por estes dois harmônicos da forma de onda Cox é estreita e as amplitudes para harmônicos mais altos diminuem rapidamente à medida que a frequência aumenta. Outra forma de onda especial é a do código de cadeia (pseudo-random binary sequence/PRBS). A forma de onda PRBS, que inclui as frequências que estão linearmente espaçadas, pode prover frequências mais úteis que ampliem as bandas de frequência mais largas e ainda provêm uma melhor resolução. *Ver* P.M. Duncan et al., *Geophysics*, 45,1276-1296 (1980) S. L. Helwig, et al., *SEG Annual Meeting Extended Abstracts*, 283-285 (1999). Assim, tanto a forma de onda Cox como a forma de onda PRBS oferecem uma flexibilidade limitada na projeção do espectro da forma de onda.

Uma forma de onda com um espectro de separação de frequências logarítmicas pode prover dados com uma melhor resolução acerca da profundidade das regiões da sub-superfície. Conseqüentemente, as formas

de onda de picos múltiplos com separações logarítmicas, como por exemplo as formas de onda de três picos (*tripeak*), de quatro picos (*quadpeak*), e de cinco picos (*pentapeak*), descritas no Pedido de Patente norte-americano No. 60/572, 694, que está incorporada neste documento como referência, podem ser utilizadas para aumentar a qualidade dos dados recebidos pelos receptores. Por exemplo, as formas de onda com múltiplos picos podem ser utilizadas com energia distribuída a determinadas frequências e harmônicos, como por exemplo, a frequência fundamental e os primeiros três harmônicos. No entanto, como a energia é distribuída uniformemente em mais e mais harmônicos, não só as formas de onda se tornam mais e mais complexas (isto é, mais alterações de polaridades e menos duração uniforme), mas também as amplitudes diminuem rapidamente, assim que vez que o número das amplitudes igualadas aumenta. Como, a largura de banda útil destas formas de onda é limitada pela energia do transmissor. Estas formas de onda com múltiplos picos são mostradas mais detalhadamente nas figuras 3A a 3F.

As figuras 3A a 3F são gráficos exemplificativos de formas de onda utilizadas no sistema de prospecção geofísica CSEM da figura 1, de acordo com as técnicas da presente invenção. Nas figuras 3A e 3B, que têm respectivamente os números de referência 300 e 310, é mostrada uma forma de onda de três picos que pode ser gerada pelo transmissor 102. Na figura 3A, o gráfico 300 compara a amplitude atual 302 de uma forma de onda de três picos 306 versus tempo 304. Na figura 3B, o gráfico 310 compara a amplitude 312 da forma de onda de três picos 306, representada pela forma de onda com frequência de três picos 316, versus frequência 314. Como é mostrado nos gráficos 300 e 310, a forma de onda de três picos gera amplitudes aproximadamente iguais no primeiro, segundo, e quarto harmônicos do seu período.

Identicamente, nas figuras 3C e 3D, que tem, respectivamente, os números de referência 320 e 330, é mostrada uma forma de onda de quatro

picos gerada pelo transmissor 102. Na figura 3C, o gráfico 320 compara a amplitude 322 de uma forma de onda de quatro picos 326 versus tempo 324. Na figura 3D, o gráfico 330 compara a amplitude 332 da forma de onda de quatro picos 326, representada pela forma de onda da frequência de quatro picos 336, versus frequência 334. Como pode ser observado nos gráficos 320 e 330, a forma de onda de quatro picos gera amplitudes aproximadamente iguais nos quatro harmônicos. Adicionalmente, a sua energia total é um tanto superior à forma de onda de três picos porque a corrente gasta menos tempo em zero.

10 Finalmente, nas figuras 3E e 3F, que têm, respectivamente, os números de referência 340 e 350, é mostrada uma forma de onda de cinco picos gerada pelo transmissor 102. Na figura 3E, o gráfico 340 compara a amplitude 342 de uma forma de onda de cinco picos 346 versus tempo 344. Na figura 3F, o gráfico 350 compara a amplitude 352 da forma de onda de cinco picos 346, representada pela forma de onda da frequência de cinco picos 356, versus frequência 354. Como o mostrado por estes gráficos 340 e 350, a forma de onda de cinco picos cria mais harmônicos de amplitude aproximadamente igual, mas à custa de colocar menos energia em cada harmônico.

20 Para além das variações na forma e na amplitude das formas de onda, as formas de onda do sistema de prospecção geofísica 100 da figura 1 podem também ser repetidas sobre intervalos determinados ou períodos de tempo para aumentar mais a qualidade dos dados. Como anteriormente salientado, os sistemas habituais da prospecção geofísica utilizam uma forma de onda base para passar a linha de prospecção para gerar uma largura de banda espectral a partir da frequência fundamental até uma frequência infinita, repetindo a forma de onda base única. Por exemplo, como mostrado na figura 4, um esquema de transmissão exemplificativo da forma de onda utilizada no sistema de prospecção geofísica CSEM da figura 1 pode ser

repetido em períodos específicos de tempo para melhorar a qualidade dos dados obtidos nos receptores. Na figura 4, um gráfico exemplificativo, geralmente referido com o número de referência 400, compara a amplitude 402 de uma forma de onda versus o tempo 404. Neste exemplo, uma forma de onda base com três picos é repetida sobre a duração de um período de tempo total T. Este período de tempo total, discutido mais adiante, pode estar associado a uma distância linear da passagem da linha da prospecção. A primeira forma de onda 406a é gerada para um primeiro período de tempo 408a, enquanto que a última forma de onda 406n é gerada sobre um último período de tempo 408n. O número de formas de onda base 406a a 406n e os períodos de tempo base 408a a 408n dependem do período de tempo 410 para que a linha de prospecção esteja completa. Conseqüentemente, as formas de onda base de três picos de 406a a 406n podem ser repetidas de forma contínua ou de forma intermitente sobre o período de tempo 410. No entanto, os dados úteis adquiridos podem ser limitados para estas larguras de banda por causa da interferência do ruído. O ruído pode incluir sinais magnetotelúricos (MT), movidos pelas ondas oceânicas, ruídos eletrônicos, etc. Adicionalmente, perdas mais elevadas de profundidade de penetração em altas frequências e a limitação da energia de transmissão limitam ainda mais o sistema. Conseqüentemente, porque esta operação de repetidamente transmitir uma forma de onda base tem dificuldades em satisfazer os diferentes objetivos da prospecção, diferentes formas de onda base podem ser repetidas para melhorar os dados recebidos.

Ainda, as formas de onda repetidas podem ser utilizadas para prospecções geofísicas orientadas para um alvo. As prospecções geofísicas orientadas para um alvo repetem determinadas formas de onda para certas regiões subterrâneas alvo que estão bem definidas e caracterizadas através das medições sísmicas, registros, e outras medições, como por exemplo MT, e mesmo através de uma prospecção CSEM anterior. Assim, os dados podem

ser melhorados utilizando menos frequências para a amostragem das regiões subterrâneas alvo que são repetidas para agir de acordo com o objetivo da prospecção. Por exemplo, se a cobertura do alvo estiver bem definido por outras medições, como por exemplo MT e prospecções CSEM anteriores, pode ser preferível utilizar menos frequências para a amostragem da cobertura, permitindo assim que sejam utilizadas mais frequências centradas no alvo. Como esta definição de alvo de regiões subterrâneas específicas pode variar sobre uma linha da prospecção, a utilização de uma única forma de onda base com uma frequência específica, como sucede nos processos convencionais, é incapaz de ajustar as formas de onda para diferentes regiões subterrâneas numa linha de prospecção. Como resultado, seria útil um mecanismo que projetasse uma forma de onda para uma prospecção ideal orientada para um alvo. Em alternativa, para prospecções de reconhecimento CSEM, pode ser benéfico para uma fonte transmitir campos EM em mais frequências numa banda de frequência larga com as frequências distribuídas de forma equidistante e a energia transmitida uniformemente. Estas, podem prover dados que dirigem a limitada informação relativa às áreas de prospecção e à não unicidade associada ao problema da inversão.

Adicionalmente, as formas de onda da lógica de criação da forma de onda podem ainda ser utilizadas para mitigar problemas da ambigüidade dos dados com as regiões subterrâneas. Como referido anteriormente, a profundidade da exploração efetiva para os campos EM de baixa frequência aumenta com a frequência decrescente e com a condutividade do meio, de acordo com os fenômenos do efeito da camada. Também, como referido em *Eletromagnetic Theory and Geophysics*, os sinais EM sentem os alvos com uma margem limitada de aproximadamente 1 a 2 profundidades de penetração devido ao efeito da profundidade da camada. Ver J.A. Stratton, *Eletromagnetic Theoty*, MacGraw-Hill, 1941; B. R. Spies, *Geophysics*, 54, 872-888 (1989). Devido à natureza difusa do campo EM, a

resolução de uma prospecção geofísica CSEM é baixa e é obtida uma imagem por inversão, altamente simplificada (isto é, pouco definida), de estruturas em 3D. Ver G. F. West & J. C. Macnae, *Physics of Elettromagnetic Induction Exploration Method in Elettromagnetic Methods in Applied Geophysics* (ed. M.N. Nabighian), vol. 2, 545, Society of Exploration Geophysicists (1987).
5 Conseqüentemente, se a região subterrânea não for objeto de uma amostragem adequada pela prospecção geofísica CSEM, os resultados invertidos podem ser não-únicos, os quais apresentam problemas quando da interpretação dos dados. No entanto, a não unicidade dos dados pode ser
10 reduzida tendo-se mais dados a partir de bandas de freqüência mais largas. Assim, a largura da banda de freqüência é útil para mitigar a ambigüidade associada com a inversão. O problema com a inversão será posteriormente descrito nas figuras 5A e 5B.

As figuras 5A e 5B representam perfis da resistividade da terra
15 exemplificativos gerados a partir dos dados adquiridos do sistema de prospecção geofísica CSEM mostrado na figura 1, de acordo com as técnicas da presente invenção. Nas figuras 5A e 5B, as quais têm, respectivamente, os números de referência 500 e 510, é mostrado um exemplo sintético baseado num modelo unidimensional com uma camada resistiva de 100 metros (m) de
20 30 ohm-m e 1.1 quilo-m (km) por cima de outra camada resistiva com 200 m de espessura e com uma resistividade de 100 ohm-m. Na figura 5A são mostradas as profundidades 502 de um modelo real 506 e de um modelo invertido 508 em relação à resistividade 504. Nesta comparação, são utilizadas três freqüências 0.5 Hz, 0.25 Hz e 0.125 Hz para gerar o modelo
25 508. Na figura 5B, novamente são mostradas as profundidades 512 de um modelo real 516 e de um modelo invertido 518 em relação à resistividade 514. Nesta comparação, foram utilizadas seis freqüências 2.0 Hz, 1.0 Hz, 0.5 Hz, 0.25 Hz, 0.125 Hz e 0.0625 Hz para gerar o modelo 518. Comparando os modelos 508 e 518, é evidente que a utilização das seis freqüências provê uma

perspectiva da resistividade muito menos ambígua. Como tal, a lógica de criação da forma de onda 204 pode ser configurada para transmitir formas de onda ou campos EM em mais frequências numa banda de frequência larga em que a frequência é homoganeamente distribuída e a energia é transmitida para compensar os problemas com a inversão dos dados.

Conseqüentemente, para adquirir dados eficientemente e satisfazer os objetivos da prospecção, o transmissor 102 ou a lógica de criação de forma de onda 204 pode gerar formas de onda sobre frequências múltiplas numa banda de frequência larga com amplitudes grandes. Adicionalmente, porque o transmissor 102 é muitas vezes rebocado somente uma vez sobre a linha da prospecção, as formas de ondas providas pela lógica de criação de forma de onda 204 podem ter de compensar o número de frequências e a largura de banda por causa dos recursos limitados, como por exemplo a energia. Como resultado, o transmissor 102 pode ser configurado para gerar formas de onda com características que reduzam possíveis interferências e ambigüidades e que, portanto, aumentam a qualidade dos dados a analisar. Estas características podem incluir a distribuição de frequências múltiplas numa forma ideal, como por exemplo, a profundidade da penetração ou outras características; distribuição eficiente e homogênea da transmissão de energia ao longo das frequências desejadas; a utilização de bandas de frequência suficientemente grandes para poder sondar o nível de profundidade em questão; e projeção da implementação de forma a ser facilmente modificada ou instalada. Assim, as formas de onda podem ser selecionadas em frequências específicas de acordo com as técnicas da presente invenção, que podem ser denominadas de multiplexação por divisão do tempo (TDMWT), para otimizar a distribuição da energia às formas de onda e para melhorar a qualidade dos dados recebidos.

Conseqüentemente, o sistema da prospecção geofísica 100 da figura 1 pode utilizar TDMWT para otimizar as formas de onda providas pelo

transmissor 102. De acordo com a técnica TDMWT, o transmissor 102 pode gerar formas de onda base diferentes em espaços de tempo designados em vez da forma de onda base durante todo o período de tempo da prospecção. As séries repetidas de formas de onda base combinadas podem ser referidas

5 como uma forma de onda composta, como o anteriormente referido. Estas formas de onda compostas podem ser utilizadas para melhorar a execução da prospecção geofísica e ultrapassar problemas, como por exemplo, a interferência do ruído, a não unicidade das áreas de prospecção, e das diferentes áreas alvo.

10 A figura 6 é um fluxograma exemplificativo da construção de uma forma de onda composta para utilizar no sistema de prospecção geofísico da figura 1 em conformidade com os aspectos das presentes técnicas. Este fluxograma, também referido pelo numeral de referência 600, será melhor compreendido se visto em simultâneo com as figuras 1 e 2. Neste fluxograma

15 600 são utilizadas várias características e parâmetros para proporcionar uma forma de onda composta dirigida aos objetivos específicos da prospecção. É necessário referir que estas características são apresentadas a título meramente indicativo, pelo que outras características também podem ser tidas em consideração para a construção de formas de onda base e compostas.

20 Adicionalmente, deve ser referido que os blocos 604 e 606 podem ser realizados em qualquer ordem ou podem ser realizados simultaneamente noutras formas de realização.

O fluxograma tem início no bloco 602. No bloco 604, o comprimento da forma de onda composta pode ser determinado baseado na

25 resolução espacial requerida. Ou seja, o comprimento da forma de onda composta é o período de tempo da forma de onda composta T_{ina} , associado à distância em que o transmissor se move em relação ao período espacial da amostragem. Para uma embarcação em movimento, como o navio da prospecção 104, este período de tempo da forma de onda composta T_{max} pode

ser representada pela seguinte equação:

$$T_{\max} = 1 / (s_r \cdot v)$$

em que S_r é o nível da amostragem espacial (1/m) os dados do receptor e v é a velocidade do reboque (m/s) do transmissor 102. Em alternativa, para o caso de um transmissor fixo, o período de tempo da forma de onda composta T_{\max} , pode ser seleccionado como o período de tempo antes de que o transmissor e/ou o receptor sejam deslocados para outro lugar.

No bloco 606, é seleccionado um espectro de frequências (isto é, um conjunto de frequências requeridas e as suas amplitudes associadas). O espectro pode ser um conjunto de frequências seleccionadas com base em regras empíricas, com a experiência em prospecções EM em meios particulares, com estudos de modelação, e/ou outras técnicas similares. Por exemplo, um fluxo de baixa frequência f_{ow} no conjunto de frequências pode ser seleccionado para a penetração numa profundidade específica alvo, enquanto que as frequências mais altas no conjunto de frequências podem ser seleccionadas para camadas pouco profundas do alvo por cima da região subterrânea em questão. Como descrito anteriormente, as frequências mais altas podem ser utilizadas para resolver as ambigüidades na inversão para resistividade da terra. Dentro da variedade das frequências seleccionadas, baseados nos benefícios esperados podem ser seleccionadas frequências lineares ou separações de frequências logarítmicas (ou qualquer outra separação arbitrária).

Além de que, como parte da seleção do espectro, o número de frequências seleccionadas pode ser ajustado devido às considerações relativas à relação sinal/ruído (SNR). Conseqüentemente, a amplitude das formas de onda em cada frequência seleccionada pode ser configurada para ultrapassar os níveis do ruído do meio, como o descrito anteriormente. Por exemplo, as amplitudes das frequências seleccionadas podem ser relativamente iguais, maiores para as frequências mais altas para compensar as perdas resultantes

da profundidade de penetração, variadas para compensar os níveis previstos do ruído do meio dependentes da frequência ou determinadas a partir de simulação digital para os resultados de inversão. No entanto, como a energia provida ao transmissor 102 e o período de tempo da forma de onda composta
5 T_{max} é limitado, como parte deste processo uma solução de compromisso foi executada entre o SNR, os objetivos da profundidade da exploração, e a densidade da amostragem na profundidade.

Assim, é criada uma forma de onda composta específica com formas de onda base que satisfazem os objetivos do projeto, como ilustrado
10 no bloco 608. A criação da forma de onda composta pode ser realizada na lógica de criação da forma de onda 204, como mencionado anteriormente. Por exemplo, duas ou mais formas de onda base podem ser selecionadas a partir de uma(s) família(s) de forma de onda (por exemplo formas de onda quadradas). O espaço entre as frequências pode ser utilizado para determinar a
15 família da forma de onda. Por exemplo, se o conjunto das frequências pode ser aproximado com harmônicos fundamentais e com harmônicos ímpares, então, pode ser utilizado um conjunto de formas onda de onda quadrada. Igualmente, se as frequências são espaçadas como potências de dois (separação do logaritmo), então pode ser utilizado um conjunto de formas de
20 onda de três picos. As amplitudes relativas ao conjunto das frequências podem ser diretamente controladas pelas amplitudes das formas de onda base selecionadas ou controlando a duração de cada uma das formas de onda base selecionadas. Isto é, mais tempo para uma determinada forma de onda base (isto é, uma fração maior do período de tempo da forma de onda composta
25 T_{max}) pode distribuir mais energia aos conteúdos espectrais. As formas de onda base podem ainda ser repetidas em frequências diferentes. Conseqüentemente, a forma de onda composta pode ter durações e conjuntos de espaços de maneira a que a forma de onda composta tenha o conteúdo espectral desejado.

Após a criação da forma de onda composta, no caso de que o seu desenho esteja completo é tomada uma decisão, como a ilustrada no bloco 610. Se o desenho da forma de onda não estiver completo, então o espectro das frequências e a construção de uma forma de onda composta nos blocos 606 e 608 podem ser novamente realizadas variando certos aspectos. No entanto, se o desenho da forma de onda estiver completo, as formas de onda base da forma de onda composta podem ser guardadas na memória, como representado no bloco 612. A memória pode ser uma memória colocada num sistema informático, num sistema baseado num processador e/ou numa lógica de criação de forma de onda 204 do transmissor 102. No bloco 614, a corrente é provida ao transmissor 102 baseada na forma de onda composta. Ao prover corrente ao transmissor 102, a forma de onda composta pode ser gerada. Habitualmente a geração da forma de onda implica a determinação dos seus componentes espectrais a partir das suas séries de temporais, mas pode incluir prover a forma de onda aos circuitos de transmissão 206 do transmissor 102. O processo finaliza no bloco 616.

A figura 7 é um fluxograma exemplificativo da operação do processo da figura 6 com o sistema de prospecção geofísica da figura 1 de acordo com os aspectos das técnicas da presente invenção. Neste fluxograma, um sistema de prospecção geofísica 100 pode incluir uma lógica de criação da forma de onda 204 que tem certos parâmetros guardados na memória dentro do transmissor 102 para gerar as formas de onda compostas. Os parâmetros podem incluir valores previamente definidos, como por exemplo, o período de tempo da forma de onda composta T_{max} , o fluxo de baixa frequência f_o , no conjunto das frequências, o conjunto de repetição ou número de repetições N_s , e o tipo de formas de onda, que podem ser, por exemplo, sinusoidais ou de três picos. Em alternativa, as formas de onda compostas podem elas próprias ser também guardadas na memória. Porque este fluxograma é uma forma exemplificativa de realizar o fluxograma da figura 6, ele será melhor

compreendido se observado conjuntamente com o fluxograma da figura 6.

O fluxograma tem início no bloco 702. O comprimento da forma de onda, anteriormente mencionado no bloco 604, pode ser determinado nos blocos 704 e 706. No bloco 704, podem ser obtidos os parâmetros técnicos. Estes parâmetros técnicos incluem a velocidade do reboque v do navio de prospecção 104 e/ou o nível de amostragem espacial S_r . Os parâmetros técnicos podem ser obtidos a partir de um utilizador que introduz os valores num computador ou a partir da memória do transmissor 102, que pode incluir configurações previamente programadas na lógica de criação da forma de onda 204, o navio de prospecção 104 via cabo 105, a lógica de velocidade na lógica de criação da forma de onda 204 que avalia a velocidade do navio da prospecção 104, e/ou um sinal de retorno a partir do interior do transmissor 102. Estas configurações pré-definidas, que podem ser as formas de onda base ou os parâmetros utilizados para criar as formas de onda base, podem ser guardadas na memória antes que o transmissor 102 seja empregue para realizar a prospecção geofísica. Baseado nos parâmetros técnicos, o comprimento da forma de onda composta pode ser calculada, como mostrado no bloco 706. Como referido anteriormente, o comprimento da forma de onda composta é o período de tempo da forma de onda composta T_{ina} , que pode ser representada pela seguinte equação:

$$T_{max} = Y(S_r * v)$$

Nesta equação, a velocidade do reboque v pode ser representada em metros/segundo (m/s), enquanto o nível da amostragem espacial S_r pode ser representada em 1/metros ($1/m$). Conseqüentemente, baseado nesta equação, o período de tempo da forma de onda composta T_{max} pode ser calculado para a prospecção geofísica.

Assim, o espectro das frequências, que foi discutido acima, no bloco 606, pode ser determinado nos blocos 708 a 712. No bloco 708, os parâmetros objetivos da prospecção são obtidos. Estes podem incluir uma

investigação ou uma profundidade alvo D das regiões subterrâneas a serem examinadas juntamente com a resistividade da cobertura p . Estes parâmetros objetivos da prospecção podem ser armazenados dentro

da lógica de criação da forma de onda 204 antes do seu emprego ou podem ser transmitidos à lógica de criação da forma de onda 204 via cabo 105. Com os parâmetros objetivos da prospecção, um fluxo de baixa frequência f_{os} , pode ser determinado baseado no efeito da profundidade de penetração, como mostrado no bloco 710. Por exemplo, se a profundidade do alvo D para uma frequência específica é presumido de que aproximadamente uma profundidade de penetração, então a baixa frequência para um alvo na profundidade do alvo D pode ser calculada pela seguinte equação:

$$f_{\text{baixo}} = \frac{\rho}{\pi\mu_0 D^2} \approx \left(\frac{503}{D}\right)^2 \rho \text{ em Hz}$$

em que p é a resistividade da cobertura em Ohm-metros e, J_0 é a permeabilidade do espaço livre. No bloco 712, podem ser selecionadas as frequências e as amplitudes.

Como descrito anteriormente, estas podem ser determinadas de diferentes modos. Por exemplo, as frequências podem ser selecionadas para ter uma separação de frequência logarítmica que pode ser utilizado para a formação de imagens em profundidades variáveis. Da mesma forma, as amplitudes podem ser selecionadas baseadas numa simulação numérica que maximize a exatidão esperada do resultado após da inversão, desde que estejam disponíveis dados suficientes.

Com as frequências e amplitudes determinadas, a forma de onda composta pode ser criada (isto é, num computador). A criação da forma de onda composta, discutida anteriormente no bloco 608, pode ser realizada nos blocos de 714 a 718. No bloco 714, pode ser selecionado o tipo de forma de onda base. As formas de onda base podem ser selecionadas para gerar um espectro combinado, que é o mesmo ou idêntico ao espectro identificado nos blocos 710 e 712. No entanto, vários aspectos podem ser considerados entre

energia e eficiência ao selecionar as formas de onda base, que podem incluir formas de onda sinusoidais, quadradas, Cox, PRBS, de três picos, de quatro picos, de cinco picos, ou uma combinação entre elas. Por exemplo, as formas de onda sinusoidais podem gerar o espectro desejado, mas não são eficazes porque o transmissor 102 opera em potência máxima para cada frequência durante uma breve fração de tempo. No bloco 716 é determinado o conjunto de repetição ou o número de repetições que podem ser baseados no período de tempo da forma de onda composta T_{max} . Como descrito anteriormente, o número de repetições consiste no número de ciclos completos transmitidos para uma forma de onda base específica. As repetições podem melhorar a SNR para as formas de onda, quando as formas de onda estão adequadamente empilhadas. Conseqüentemente, as formas de onda podem ser repetidas tanto quanto possível para melhorar a SNR. Por exemplo, a forma de onda base pode ser repetida entre 4 e 1024 vezes para a banda de frequência que oscila entre 0.01 Hz e 10Hz quando um transmissor não fixo é utilizado. Com estes parâmetros, a totalidade do período de tempo T proposto é calculado para a forma de onda composta proposta, como o mostrado no bloco 717. A totalidade do período de tempo T proposto pode ser o período de tempo em que as formas de onda base realizam os vários ciclos. A totalidade deste período de tempo T proposto pode ser calculado somando, por exemplo, o tempo total utilizado por cada forma de onda base. Se a totalidade do período de tempo T proposto for superior ao período de tempo da forma de onda composta T_{max} então as formas de onda base podem ser ajustadas selecionando outro tipo de forma de onda ou modificando diversos parâmetros, como por exemplo, o número de repetições de cada forma de onda base, parâmetros dos objetivos da prospecção, baixa frequência, espectro de frequência, e parâmetros técnicos, como os descritos nos blocos 708 a 716. No entanto, se a totalidade do período de tempo T proposto for inferior ou igual ao período de tempo da forma de onda composta T_m , então a forma de

onda composta com as formas de onda base pode ser gerada no bloco 720, que será igual aos blocos 610 a 614 da figura 6. A criação da forma de onda composta pode incluir o seu armazenamento ou a sua programação num computador ou num transmissor 102.

5 Vantajosamente, as técnicas da presente invenção provêm dados de alta qualidade resultantes da prospecção geofísica porque as formas de onda base podem ser modificadas para formar formas de onda compostas. Adicionalmente, as técnicas da presente invenção provêm flexibilidade na configuração do transmissor para prover diferentes formas de onda base para
10 ajustar os objetivos específicos da prospecção, como por exemplo, as profundidades específicas do alvo e das regiões subterrâneas. Por último, as técnicas da presente invenção melhoram a exploração dos hidrocarbonetos para prover uma maior qualidade ou dados específicos para as aplicações CSEM em terra ou em alto mar.

15 Como um exemplo específico do processo da figura 7, uma prospecção geofísica pode ser configurado para a recolha de dados para uma linha de prospecção de uma região subterrânea específica, como a representada na figura 5. Estas frequências podem ter o nível de amostragem espacial S_s de cerca 1/200 m, velocidade do reboque de transmissão v de
20 cerca de 1.5 nós, e o número de repetições terem sido programadas para 16. Conseqüentemente, o cálculo do comprimento da forma de onda composta, que é o período de tempo da forma de onda composta T_{max} , discutido no bloco 706, é abaixo mostrado:

$$T_{max} = \frac{1}{(S_s * v)} = \frac{1}{\left(\frac{1}{200} * 1,5 * 1853\right)} \approx 260(s)$$

25 Após o cálculo do comprimento da forma de onda composta, pode ser determinado o fluxo de baixa frequência $f_{o,,}$, o qual é discutido no bloco 710, como abaixo mostrado:

$$f_{baixo} = \frac{\rho}{\pi \mu_0 D^2} \approx \left(\frac{503}{D}\right)^2 \quad \rho = \left(\frac{503}{2000}\right)^2 * 1,0 \approx \frac{1}{16} = 0,0625(Hz)$$

em que a profundidade do alvo D é 2 km e a resistividade da cobertura p é 1

Ohm-m.

Com o fluxo de baixa frequência f_c , calculado, o número de frequências e a sua distribuição podem ser selecionados. Para este exemplo, o topo do alvo é aproximadamente uma profundidade de penetração em 1.0 Hz.

5 Conseqüentemente, as frequências de 2.0 Hz, 1.0 Hz, 0.5 Hz, 0.25 Hz, 0.125 Hz e 0.0625 Hz podem ser selecionadas. Com estas frequências, a alta frequência de 2.0 Hz pode ser utilizada para limitar a cobertura, enquanto que as frequências de 0.5 e 0.25 Hz podem ser utilizadas para profundidades entre duas camadas resistivas.

10 Para selecionar as formas de onda base, como discutidas no bloco 714, pode ser utilizada uma forma de onda base sinusoidal baseada na experiência com uma região subterrânea particular. Conseqüentemente, como o número de repetições foi fixado em 16, o período de tempo total proposto T para a forma de onda composta pode ser de cerca 504 segundos, como
15 explicado seguidamente. Neste exemplo, o período de tempo total T_{sinew} consiste na totalidade do período de tempo proposto T para a forma de onda composta sinusoidal. Este intervalo de tempo total T_{smcw} é a soma de 16 ciclos para cada frequência, o qual será discutido na figura 8A.

20 Na figura 8A, com o número de referência 800, a amplitude 802 das formas de ondas base sinusoidais 806a a 806n são mostradas em relação ao tempo 804. Neste exemplo, o número de repetições é fixado em 16 com as frequências 0.0625 Hz, 0.125 Hz, 0.25 Hz, 0.5 Hz, 1.0 Hz e 2.0 Hz. Conseqüentemente, os intervalos de tempo da primeira forma de onda base, $T_{1\text{Sen1}}-T_{1\text{Sen16}}$ com cerca de 16 segundos cada, representam os períodos de
25 tempo que a forma de onda sinusoidal 806a tarda em completar os 16 ciclos na primeira frequência 0.0625 Hz. Igualmente, os intervalos de tempo $T_{2\text{Sen1}}-T_{2\text{Sen16}}$ da segunda forma de onda base, com cerca de 8 segundos cada, representam os períodos de tempo que a forma de onda sinusoidal 806b tarda em completar 16 ciclos na segunda frequência de 0.125 Hz. Assim

sucessivamente até aos períodos de tempo $T_{6\text{sin}16}$ — $T_{6\text{sin}16}$ da última forma de onda, com cerca de 0.5 segundos cada, e representam os períodos de tempo que a forma de onda sinusoidal 806n tarda em completar os 16 ciclos na sexta frequência de 2.0 Hz. Como resultado, a forma de onda composta pode ter um período de tempo total T_{sinCW} com cerca de 504 segundos para completar os ciclos para cada uma das frequências. Conseqüentemente, o período de tempo total T_{sinCW} para as formas de onda base sinusoidais excede o período de tempo da forma de onda composta T_{max} , que é de cerca de 260 segundos.

Como o intervalo de tempo total T_{sinCW} para as formas de onda base sinusoidais 806a a 806n excedem o período de tempo da forma de onda composta T_i , o processo é novamente realizado com outro tipo de forma de onda. No bloco 714, uma forma de onda de três picos pode ser selecionada como a forma de onda base. Com esta seleção, duas formas de onda base de três picos, com ciclos de 16 e de 2 segundos, podem ser utilizadas como as formas de onda base. Estas formas de onda de três picos são mostradas mais detalhadamente na figura 8B.

Na figura 8B, que tem o número de referência 810, a amplitude 812 das formas de onda base de três picos 816 e 818 é representada em relação ao tempo 814. Neste exemplo, o número de repetições pode ser fixado em 16 sendo as frequências fundamentais de três picos de 0.0625 Hz e de 0.5 Hz. Conseqüentemente, os primeiros períodos de tempo de três picos $T_{1\text{Tri}1}$ — $T_{1\text{Tri}16}$ de 16 segundos cada, representam os períodos de tempo que as formas de onda de três picos tardam em completar 16 ciclos na primeira frequência fundamental de 0.0625 Hz. Igualmente, os segundos períodos de tempo de três picos $T_{2\text{Tri}1}$ — $T_{2\text{Tri}16}$, que podem ser de cerca de 2 segundos cada, representam os períodos de tempo que as formas de onda de três picos tardam em completar 16 ciclos na segunda frequência fundamental de 0.5 Hz. A forma de onda composta tarda um período de tempo total T_{TriCW} de cerca de 288 segundos para completar as repetições para cada uma das frequências das

formas de onda base de três picos. Assim, o período de tempo total T_{TriCW} é de cerca de 288 segundos, que é ligeiramente maior do que o período de tempo da forma de onda composta T_{max} , que é de 260 segundos.

Por conseguinte, o processo pode novamente voltar ao bloco 714. Neste bloco, outra forma de onda base poderá ser selecionada ou outro parâmetro poderá ser ajustado para reduzir o período de tempo total de forma a que este seja inferior ao período de tempo da forma de onda composta T_{max} . Considerando, por exemplo a energia do transmissor, a sensibilidade do receptor, e o nível de ruído de fundo previsível, poderá ser utilizada uma forma de onda base alternativa, como a forma de onda sinusoidal, quadrada, Cox, formas de onda de três picos, porque a energia começa demasiado baixa para as frequências das formas de onda com quatro e com cinco picos. Em alternativa, os parâmetros (isto é, a velocidade do reboque v , o nível da amostragem espacial, o número de repetição, o espectro desejado, etc.) podem ser modificados para criar uma forma de onda composta que satisfaça o período de tempo da forma de onda composta T_{max} . Se o número de repetições for ajustável, uma implementação com a utilização da forma de onda de três picos deve transmitir 14 repetições de uma forma de onda de três picos de 0.0625 Hz durante 224 segundos e 16 repetições de uma forma de onda de três picos de 0.5 Hz durante 32 segundos, como o mostrado na figura 8C.

Na figura 8C, que tem o número de referência 820, a amplitude 822 de duas formas de onda base de três picos, 826 e 828, são mostradas em relação ao tempo 824. Neste exemplo, o número de repetições é fixado em 14 para a forma de onda de três picos 0.0625 Hz, e em 16 para a forma de onda de três picos 0.5. Conseqüentemente, os primeiros períodos de tempo de três picos ajustados, $T_{1Rtri1} - T_{1Rtri14}$ cada um com cerca de 16 segundos, representam os períodos de tempo que as formas de onda de três picos tardam em completar 14 ciclos na primeira frequência fundamental de 0.0625 Hz. Da mesma forma, os segundos intervalos de tempo de três picos

ajustados $T_{2R_{tri1}}-T_{2R_{tri14}}$ com cerca de 2 segundos cada, representam os períodos de tempo que as formas de onda de três picos tardam em completar 16 ciclos na última frequência fundamental de 0.5 Hz. Como resultado, a forma de onda composta pode tardar um período de tempo total $T_{R_{TriCW}}$ de cerca de 256 segundos para completar os ciclos de cada uma das frequências. Como este período de tempo total $T_{R_{TriCW}}$ é inferior ou igual ao período de tempo da forma de onda composta T_{max} , esta pode ser utilizada para a prospecção geofísica, desde que o espectro da frequência da forma de onda composta seja aceitável.

10 Como pode ser observado, as formas de onda base podem ser ajustadas com vários parâmetros com resultados diferentes baseados em objetivos específicos para a prospecção com formas de realização alternativas. Por exemplo, o número de repetições pode ser ajustado para uma forma de onda composta para prover dados adicionais, alterando especificamente o tempo distribuído a cada forma de onda base. Isto é, o período de tempo total T para esta forma de onda composta pode ser ajustado modificando o número de repetições de cada forma de onda base, de forma a estar dentro do período de tempo da forma de onda composta

20 Adicionalmente à utilização de um único tipo de formas de onda base, também podem ser utilizados múltiplos tipos de formas de onda. Por exemplo, como mostrado na figura 9, com o número de referência 900, a amplitude 902 de uma forma de onda base quadrada 906 e uma forma de onda base sinusoidal 908 são mostradas em relação ao tempo 904. Neste exemplo, o número de repetições para a forma de onda base quadrada 906 pode ser fixado em 3, enquanto que o número de repetições para a forma de onda base sinusoidal 908 é fixado em 7. Conseqüentemente, os períodos de tempo da primeira forma de onda base $T_{sqR1}-T_{sqR3}$ podem representar os períodos de tempo que a forma de onda base quadrada 906 tarda em completar os três ciclos, enquanto que os períodos de tempo da segunda forma de onda base

$T_{\sin 1}-T_{\sin 7}$ representam os períodos de tempo que a forma de onda base sinusoidal 908 tarda em completar 7 ciclos. Como resultado, a forma de onda composta pode ter um intervalo de tempo total T_{TotalCW} que é a soma dos períodos de tempo da primeira forma de onda base $TSqr_1-TSqr_3$, com os

5 períodos de tempo da segunda forma de onda base $T_{\sin 1}-T_{\sin 7}$.

Adicionalmente, como outra forma de melhoramento, os receptores ou os dispositivos de processamento de dados podem ser configurados para utilizar as formas de onda compostas que geraram os dados geofísicos obtidos. Relacionando separadamente estas formas de onda base

10 recebidas com as respectivas formas de onda base transmitidas, a decomposição espectral pode ser selecionada dividindo os dados da série temporal em partes separadas, de acordo com as formas de onda base dentro da forma de onda composta transmitida. Desta forma, os dados geofísicos podem ser objeto de uma maior clarificação.

Ainda, outra forma alternativa de realizar a invenção, as formas de onda base podem ser configuradas para se corresponderem à fase, aumentando desta forma as amplitudes dentro do espectro total da forma de onda composta. Isto é, os harmônicos da forma de onda base podem corresponder-se com a fase com outras formas de onda base na forma de onda

20 composta, para melhorar as amplitudes das outras formas de onda base. Por exemplo, nas figuras 10A e 10B, está representada uma forma de onda composta que utiliza diferentes frequências para amplificar as formas de onda base, de acordo com as técnicas da presente invenção. Na figura 10A, que tem o número de referência 1000, a amplitude 1002 das formas de onda base

25 quadrada 1006, 1008, 1010 e 1012 são mostradas em relação ao tempo 1004. Neste exemplo, as frequências de formas de onda base quadrada 1006, 1008, 1010 e 1012 são 0.1 Hz, 0.3 Hz, 0.9 Hz e 2.7 Hz. As frequências mais elevadas foram selecionadas de forma a que se correspondam aos harmônicos providos pelas formas de onda de frequência mais baixa. Isto faz com que seja

efetuada uma utilização eficiente da energia harmônica para o espectro da forma de onda composta. Para assegurar que as sub-seqüências de frequência mais alta estão em fase com estes harmônicos, as sub-seqüências são obrigadas a ter uma duração igual a um número inteiro de períodos da frequência fundamental (isto é, neste exemplo, múltiplos de 10 segundos) e adicionalmente obrigadas a iniciar com um ciclo positivo (isto é, que não tenha um desvio de fase em relação às outras subseqüências). O número de períodos pode ser selecionado dentro destas limitações para obter a resistência relativa desejada em cada frequência, as quais são mostradas na figura 10B.

Na figura 10B, que tem o número de referência 1014, o espectro da amplitude 1016 das formas de onda base quadrada 1006, 1008, 1010 e 1012, referidas pela forma de onda 1020, é mostrada em relação com a frequência 1018. Na seqüência do exemplo anterior, as subseqüências têm comprimentos das formas de onda 1006, 1008, 1010 e 1012 que podem ser de 40, 30, 30 e 30 segundos, respectivamente. Utilizando estes comprimentos para as formas de onda 1006, 1008, 1010 e 1012, as amplitudes espectrais são ajustadas como mostrado na figura 10B. Assim, as formas de onda 1006, 1008, 1010 e 1012 da figura 10A podem ser repetidas ao longo da linha de prospecção geofísica com uma correspondente simplificação do processamento de dados.

Como uma forma alternativa de realizar o transmissor, outra lógica pode ser utilizada com ou no transmissor. Por exemplo, a lógica da posição pode ser utilizada para determinar a posição do transmissor, como mostrado na figura 11. A figura 11 é um diagrama por blocos exemplificativo de um transmissor com a lógica de posição utilizada no sistema de prospecção geofísica CSEM 100 da figura 1. Na figura 11, o transmissor 102 pode incluir diferentes componentes, como por exemplo a lógica de distribuição de energia 202, a lógica da criação da forma de onda 204 e o circuito de transmissão 206, previamente discutidos na figura 2. No entanto, nesta forma

de realização, a lógica da posição 1102 pode ser incluída para prover os parâmetros à lógica da criação da forma de onda 204 para modificar a forma de onda composta ou controlar a geração da forma de onda composta.

5 A lógica da posição 1102 pode ser utilizada para determinar a posição do transmissor 102, que pode ser utilizada para modificar a forma de onda composta ou para controlar a geração da forma de onda composta. Idêntica à outra lógica, a lógica da posição 1102 pode incluir componentes de software, componentes de hardware, e/ou uma combinação dos dois. Por exemplo, a lógica da posição 1102 pode incluir um sistema de
10 posicionamento global (GPS) acoplado a um componente de posição no interior do transmissor 102. Nesta configuração, o componente de posição pode estar acoplado à lógica de distribuição de energia 202 para receber energia e para a lógica de criação da forma de onda 204 para prover uma localização relacionada com os parâmetros da lógica de criação da forma de
15 onda 204. O GPS da lógica da posição 1102 pode determinar a posição do transmissor 102 a partir dos sinais recebidos via GPS satélite/receptor colocado no navio de prospecção 104 e fixado ao componente da posição via cabo 105. Assim, o transmissor pode incluir a lógica da posição 1102 ou outra lógica que seja utilizada para modificar as formas de onda compostas.

20 Numa forma alternativa de realizar a invenção, a forma de onda composta pode ser modificada ou criada pelo transmissor baseada em parâmetros ou objetivos da prospecção. Estes parâmetros e/ou objetivos da prospecção podem ser providos ao transmissor ou armazenados no transmissor 102 antes da operação de prospecção geofísica. A figura 12 é um
25 fluxograma exemplificativo da construção de uma forma de onda composta durante uma prospecção geofísica para o sistema de prospecção geofísica da figura 1 de acordo com os aspectos das técnicas da presente invenção. Este fluxograma, que tem o número de referência 1200, pode ser melhor compreendido observando-o conjuntamente com as figuras 1, 2 e 6. Neste

fluxograma 1200, a forma de onda composta pode ser automaticamente ajustada para compensar as mudanças de vários parâmetros. Esta regularização dinâmica da forma de onda composta provê flexibilidade ao sistema para manter os objetivos específicos da prospecção.

5 O fluxograma tem início no bloco 1202. Nos blocos 1204 a 1214, as definições e construções das formas de onda compostas podem ser iguais ou idênticas às dos blocos 604 a 614, respectivamente. No entanto, neste fluxograma 1200, a definição é feita se a prospecção for completa, como mostrada no bloco 1216. Se a prospecção não estiver completa, os vários

10 parâmetros técnicos podem ser visualizados no bloco 1218. Neste bloco 1218, os parâmetros técnicos podem ser analisados para determinar se estes foram modificados e se os objetivos da prospecção foram violados. Se os parâmetros técnicos não foram alterados, então, a forma de onda composta pode ser gerada no bloco 1214. No entanto, se os parâmetros técnicos foram mudados,

15 então, o processo de definição da forma de onda composta pode começar no bloco 1204. Por exemplo, se o parâmetro técnico for a velocidade v do navio de prospecção 104, quando excede um ponto limite determinado previamente, a forma de onda composta pode ser recalculada. Se a prospecção estiver completa, o processo termina no bloco 1222.

20 Enquanto que as técnicas da presente invenção podem ser susceptíveis de várias modificações e a formas alternativas, as formas exemplificativas de realização acima discutidas foram mostradas a título de exemplo. No entanto, deve ser entendido que a invenção não deve estar limitada às formas de realização particulares aqui descritas. Com efeito, as

25 técnicas da presente invenção abrangem todas as modificações, equivalências, e formas de realização alternativas estão destinadas a estar dentro do âmbito e espírito da invenção, tal e como é definido nas seguintes reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para construir um sinal para uma fonte ao longo de uma linha de prospecção geofísica para uma prospecção eletromagnética com fonte controlada, caracterizado pelo fato de que compreende:

5 determinar de uma primeira forma de onda e uma segunda forma de onda, relacionadas com um espectro de frequência combinado e a uma largura de banda associada a uma linha de prospecção geofísica; e

10 construir um sinal num período de tempo específico ao longo da linha da prospecção geofísica determinando a seqüência entre a primeira e a segunda formas de onda;

 repetir o sinal sobre outro período de tempo ao longo da linha de prospecção geofísica.

15 2. Método de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de que o espectro das frequências combinado com a largura de banda são configurados para explorar uma margem pré-selecionada das profundidades de alvo.

 3. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que determinar a ordem seqüencial que compreende a primeira e ou segunda forma de onda alternadas.

20 4. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que inclui determinar uma terceira forma de onda e construir um sinal determinando a seqüência da terceira forma de onda juntamente com a primeira forma de onda e com a segunda forma de onda.

25 5. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que inclui determinar duas ou mais formas de onda e construir um sinal para determinar uma seqüência entre duas ou mais formas de onda juntamente com a primeira forma de onda e a segunda forma de onda.

 6. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que cada uma da primeira forma de onda e da segunda forma de onda

compreende pelo menos um tipo de forma de onda, que é, uma forma de onda sinusoidal, uma forma de onda quadrada, uma forma de onda de três picos, uma forma de onda de quatro picos, uma forma de onda de cinco picos e a combinação destas.

5 7. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a primeira forma de onda é um primeiro tipo de forma de onda de pelo menos um tipo de forma de onda e a segunda forma de onda é de um segundo tipo de forma de onda de pelo menos um tipo de forma de onda.

10 8. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a primeira forma de onda e a segunda forma de onda são do mesmo tipo da forma de onda de pelo menos um tipo de forma de onda.

15 9. Método de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a primeira forma de onda é fixada a um conteúdo da primeira frequência e a segunda forma de onda é fixada a um conteúdo da segunda frequência, e em que os dois conteúdos de frequência são diferentes.

 10. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a primeira forma de onda é fixada a um conteúdo da primeira frequência e a segunda forma de onda é fixada a um conteúdo da segunda frequência.

20 11. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a primeira forma de onda e a segunda forma de onda determinam a seqüência ao longo de uma de uma série de seções espaciais ao longo da linha de prospecção geofísica.

25 12. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o sinal tem durações e espaços dispostos de forma a que a forma de onda composta tenha o conteúdo espectral desejado.

 13. Método para construir um sinal para uma prospecção eletromagnética com fonte controlada, caracterizado pelo fato de que compreende:

determinar um período de tempo para uma forma de onda composta associada a uma linha de prospecção geofísica;

determinar um espectro de frequências para a forma de onda composta;

5 construí a forma de onda composta que tem uma série de formas de onda base baseadas no período de tempo e no espectro de frequências; e

repetir a forma de onda composta para períodos de tempo diferentes ao longo da linha da prospecção geofísica.

10 14. Método de acordo com a reivindicação, caracterizado pelo fato de que o período de tempo para a forma de onda composta está associado a uma de uma série de seções espaciais ao longo da linha da prospecção geofísica.

15 15. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que determinar o período de tempo e do espectro das frequências compreende avaliar os parâmetros armazenados na memória.

20 16. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que uma pluralidade de formas de onda base compreende uma primeira forma de onda e uma segunda forma de onda que são do mesmo tipo de forma de onda.

17. Método de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que a primeira forma de onda é fixada a um conteúdo da primeira frequência e a segunda forma de onda é fixada a um conteúdo da segunda frequência, em que os conteúdos de cada uma são diferentes.

25 18. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que determinar o período de tempo para a forma de onda composta compreende:

obter parâmetros técnicos; e

calcular o período de tempo para a forma de onda composta a

partir dos parâmetros técnicos.

19. Método de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que os parâmetros técnicos compreendem pelo menos a velocidade de uma embarcação, um nível de amostragem espacial e a
5 combinação dos dois.

20. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que determinar o espectro das frequências para a forma de onda composta compreende:

10 obter o de pelo menos um parâmetro objetivo da prospecção; e
determinar uma baixa frequência para a forma de onda composta baseada em pelo menos um parâmetro objetivo da prospecção.

21. Método de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que determinar o espectro das frequências para a forma de onda composta compreende a determinar um conjunto de frequências, em que o
15 conjunto de frequências inclui a baixa frequência juntamente com pelo menos uma outra frequência.

22. Método de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma outra frequência é selecionada para resolver as ambigüidades nas inversões da resistividade da terra.

20 23. Método de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que pelo menos um parâmetro objetivo da prospecção compreende um parâmetro relativo a uma profundidade alvo das regiões subterrâneas, à resistividade do recobrimento e uma combinação dos dois.

25 24. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que construir a forma de onda composta compreende:

selecionar uma pluralidade de formas de onda base de uma pluralidade de tipos de formas de onda base; e

determinar um conjunto de repetição para cada uma das pluralidades de formas de onda base na forma de onda composta.

25. Método de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de que construir a forma de onda composta compreende:

calcular um período de tempo proposto para a forma de onda composta;

5 ajustar a forma de onda composta se o tempo proposto for superior ao período de tempo; e

prover a forma de onda composta se o período de tempo proposto for inferior ou igual ao período de tempo para a forma de onda composta.

10 26. Método de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que prover a forma de onda composta compreende armazenar a forma de onda composta em memória.

15 27. Método de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que prover a forma de onda composta compreende transmitir a forma de onda composta a partir de um transmissor.

20 28. Método de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de que a pluralidade de tipos de formas de onda base compreendem formas de onda sinusoidais, formas de ondas quadradas, formas de ondas de três picos, formas de ondas de quatro picos, formas de ondas de cinco picos e qualquer combinação entre elas.

25 29. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que os dados geofísicos associados à forma de onda composta são utilizados para produzir hidrocarbonetos a partir de uma região subterrânea detectada ao longo de, ou adjacente à linha da prospecção geofísica.

30. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o sinal tem durações e espaços dispostos de maneira que a forma de onda composta tenham o conteúdo espectral desejado.

31. Transmissor para construir uma forma de onda composta para uma fonte ao longo de uma linha de prospecção geofísica para uma

prospecção eletromagnética com fonte controlada, caracterizado pelo fato de que compreende:

uma antena; e

5 lógica de criação de forma de onda acoplada à antena e configurada para:

prover uma pluralidade de formas de onda base, em que a pluralidade de formas de onda base estejam relacionadas com um espectro de frequências combinado com uma largura de banda associada a uma linha da prospecção geofísica; e

10 construir uma forma de onda composta com um período de tempo específico, determinando a seqüência a pluralidade de formas de onda base; e

repetir a forma de onda composta noutro período de tempo ao longo da linha de prospecção geofísica.

15 32. Transmissor de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato de que o espectro da frequência e largura de banda combinados são configurados para explorar uma margem pré-selecionada de profundidades alvo.

20 33. Transmissor de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato de que a pluralidade de formas de onda base é provida a partir da memória associada à lógica da criação da forma de onda.

34. Transmissor de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que a pluralidade de formas de onda base é armazenada na memória antes do emprego do transmissor.

25 35. Transmissor de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato de que a lógica da criação da forma de onda é configurada para:

determinar o período de tempo específico para a forma de onda composta associado à linha da prospecção geofísica; e

determinar o espectro das frequências combinadas para a forma de onda composta.

5 36. Transmissor de acordo com a reivindicação 35, caracterizado pelo fato de que o período de tempo específico para a forma de onda composta é associado a uma de uma pluralidade de seções espaciais ao longo da linha da prospecção geofísica.

37. Transmissor de acordo com a reivindicação 35, caracterizado pelo fato de que a lógica da criação da forma de onda é adicionalmente configurada para:

10 obter pelo menos um parâmetro objetivo da prospecção;
selecionar a pluralidade das formas de onda base a partir de uma pluralidade de tipos com forma de onda; e

obter um conjunto de repetição para cada uma das pluralidades de formas de onda base na forma de onda composta.

15 38. Transmissor de acordo com a reivindicação 37, caracterizado pelo fato de que a lógica da criação da forma de onda é adicionalmente configurada para :

calcular um intervalo de tempo proposto para a forma de onda composta;

20 ajustar a forma de onda composta se o intervalo de tempo proposto for superior ao intervalo de tempo específico; e

proporcionar a forma de onda composta à antena se o intervalo de tempo proposto for inferior ou igual ao intervalo de tempo específico para a forma de onda composta.

25 39. Transmissor de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato de que compreende uma lógica de repartição de energia acoplada à lógica da criação de forma de onda e antena e por estar configurado para distribuir energia à lógica de criação de forma de onda e à antena.

40. Transmissor de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato de que a pluralidade das formas de onda base compreende uma das formas de onda sinusoidais, formas de onda quadrada, formas de onda de três picos, formas de onda de quatro picos, formas de onda de cinco picos e uma qualquer combinação destas.

41. Sistema para conduzir uma prospecção eletromagnética com fonte controlada com uma forma de onda composta para uma fonte ao longo de uma linha de prospecção geofísica, caracterizado pelo fato de que compreende:

10 uma embarcação acoplada a um transmissor via cabo, o transmissor está composto por:

circuitos de transmissão; e

lógica da criação da forma de onda acoplada aos circuitos de transmissão e configurada para:

15 prover uma pluralidade de formas de onda base, caracterizada por a pluralidade das formas de onda base estarem relacionadas com um espectro de frequência combinado com a largura de banda associada a uma linha de prospecção geofísica;

20 construir uma forma de onda composta com um período de tempo específico determinando a seqüência para a pluralidade das formas de onda base; e

repetir a forma de onda composta noutra período de tempo ao longo da linha de prospecção geofísica; e

25 pelo menos, um receptor configurado para detectar a forma de onda composta.

42. Sistema de acordo com a reivindicação 41, caracterizado pelo fato de que o espectro das frequências combinado com a largura de banda estar configurado para explorar uma margem pré-selecionada de profundidades alvo.

43. Sistema de acordo com a reivindicação 41, caracterizado pelo fato de que a pluralidade das formas de onda base é provida a partir da memória associada à lógica de criação da forma de onda.

5 44. Sistema de acordo com a reivindicação 43, caracterizado pelo fato de que a pluralidade das formas de onda base está armazenada na memória antes do emprego do transmissor.

45. Sistema de acordo com a reivindicação 41, caracterizado pelo fato de que a lógica da criação da forma de onda é configurada para:
10 determinar um período de tempo específico para a forma de onda composta associada à linha de prospecção geofísica; e
determinar o espectro das frequências combinado para a forma de onda composta.

46. Sistema de acordo com a reivindicação 45, caracterizado pelo fato de que o transmissor é configurado para:
15 obter pelo menos um parâmetro técnico da embarcação; e
calcular o período de tempo específico para a forma de onda composta a partir de pelo menos um parâmetro técnico.

47. Sistema de acordo com a reivindicação 46, caracterizado pelo fato de que pelo menos um parâmetro técnico compreende pelo menos o
20 parâmetro da velocidade da embarcação, o nível de amostragem espacial e uma combinação destes.

48. Sistema de acordo com a reivindicação 47, caracterizado pelo fato de que o período de tempo específico para a forma de onda composta está associado a uma de uma série de seções espaciais ao longo da
25 linha da prospecção geofísica.

49. Sistema de acordo com a reivindicação 45, caracterizado pelo fato de que a lógica de criação da forma de onda é adicionalmente configurada para:

obter, pelo menos um parâmetro objetivo da prospecção;

selecionar a pluralidade de formas de onda base de uma pluralidade de tipos com forma de onda; e

obter um conjunto de repetição para cada uma das pluralidades de formas de onda base na forma de onda composta.

5 50. Sistema de acordo com a reivindicação 49, caracterizado pelo fato de que a lógica de criação da forma de onda é adicionalmente configurada para:

calcular um período de tempo proposto para a forma de onda composta;

10 ajustar a forma de onda composta se o tempo proposto for superior ao período de tempo específico; e

prover a forma de onda composta ao circuito de transmissão para transmissão a pelo menos um receptor, se o período de tempo proposto for inferior ou igual ao período de tempo específico para a forma de onda composta.

15 51. Sistema de acordo com a reivindicação 41, caracterizado pelo fato de que compreende uma lógica de distribuição da energia acoplada à lógica de criação da forma de onda e ao circuito da transmissão e por estar configurada para distribuir energia a partir da embarcação via cabo à lógica de criação da forma de onda e à antena.

20 52. Método de criar um sinal para uma prospecção eletromagnética com fonte controlada, caracterizado pelo fato de que compreende:

determinar uma primeira forma de onda e de uma segunda forma de onda, sendo que ambas estão relacionadas com um espectro de frequência combinado com uma largura de banda associada a uma linha de
25 prospecção geofísica; e

construir um sinal para determinar a seqüência da primeira e da segunda forma de onda, onde o sinal tem durações e espaços dispostos de maneira a que a forma de onda composta tenha o conteúdo espectral desejado.

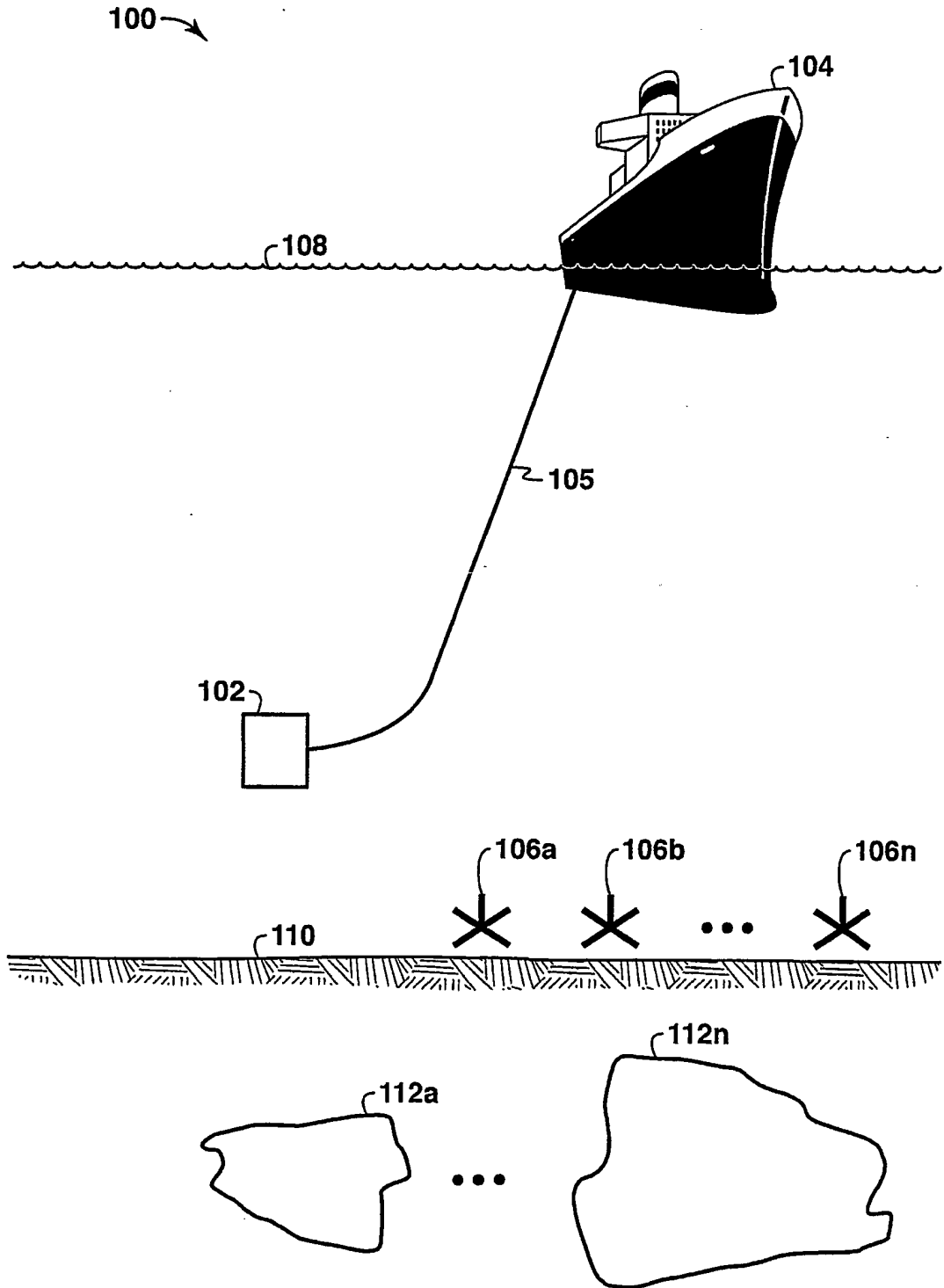


FIG. 1

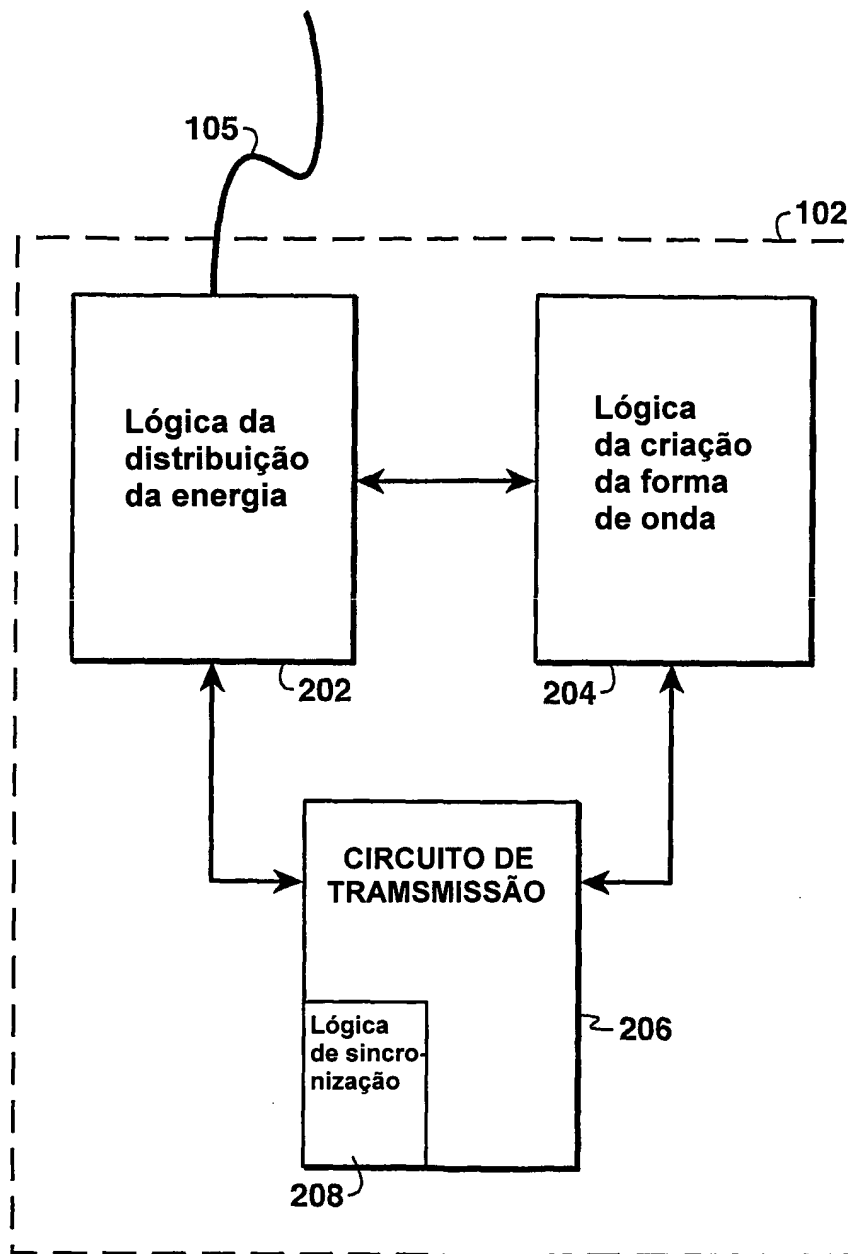


FIG. 2

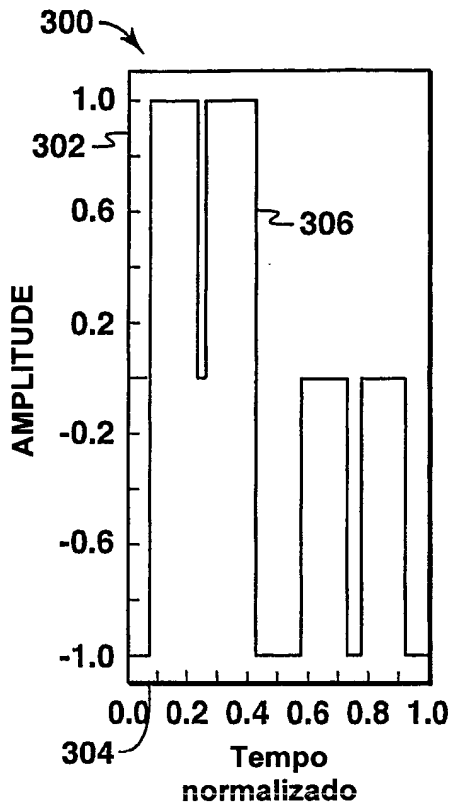


FIG. 3A

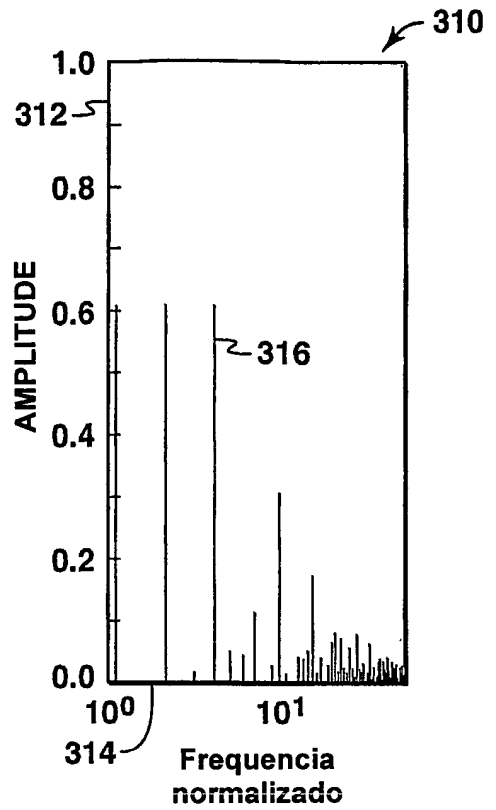


FIG. 3B

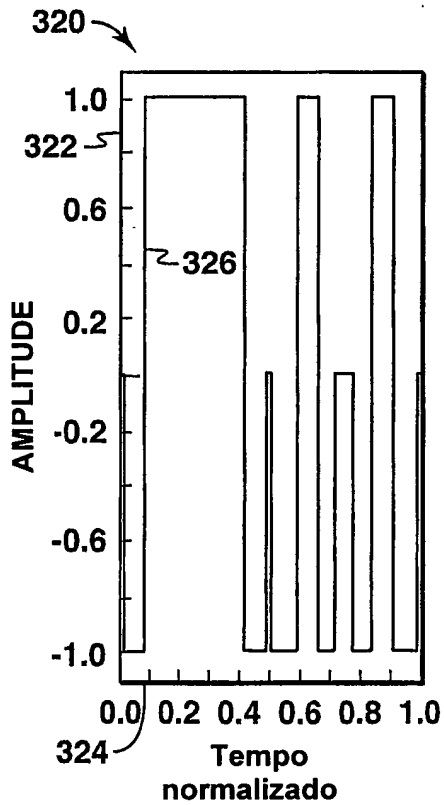


FIG. 3C

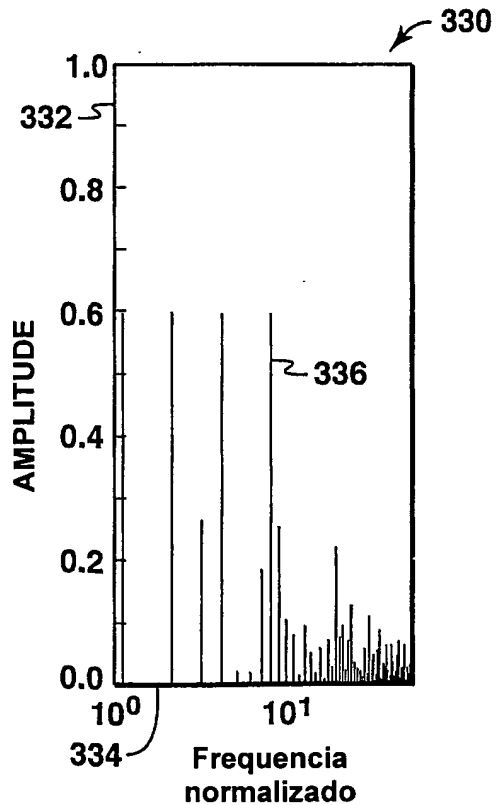


FIG. 3D

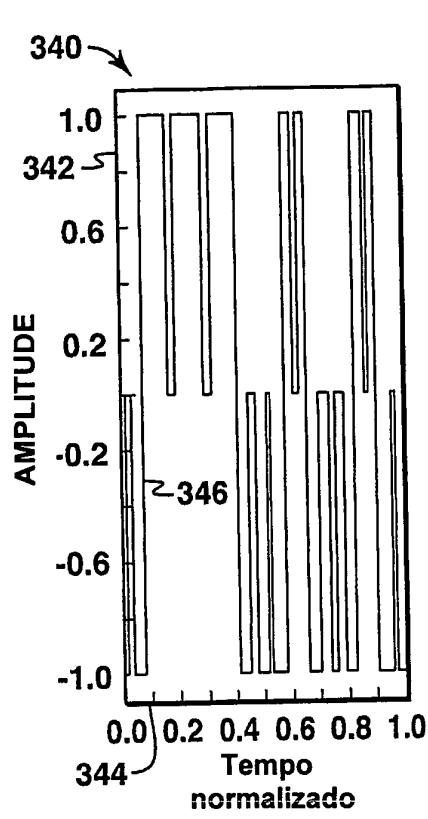


FIG. 3E

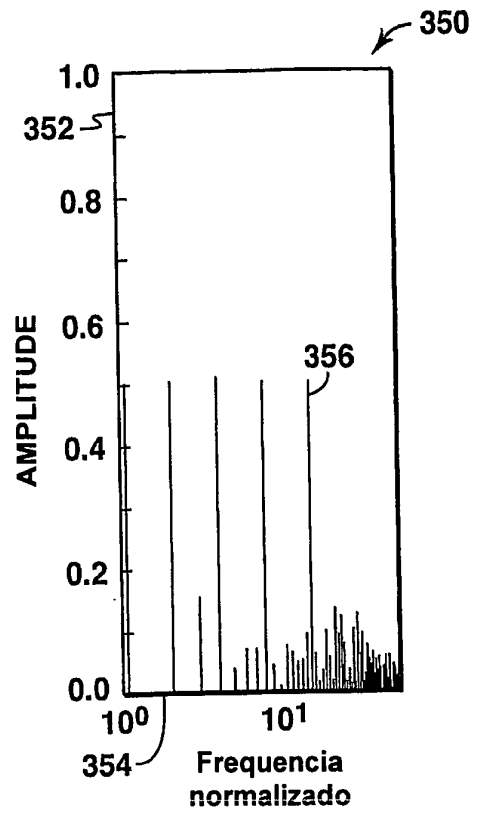


FIG. 3F

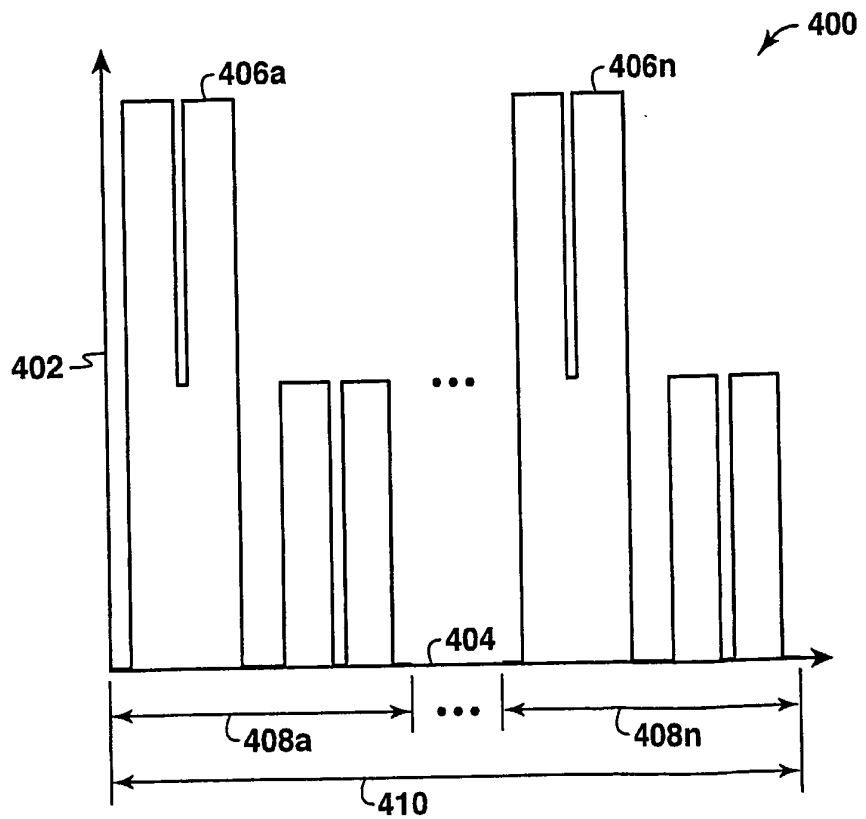


FIG. 4

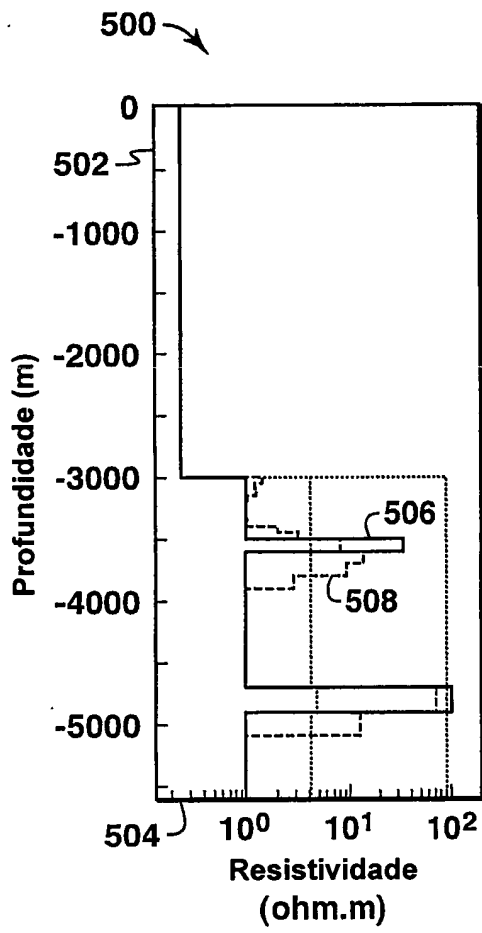


FIG. 5A

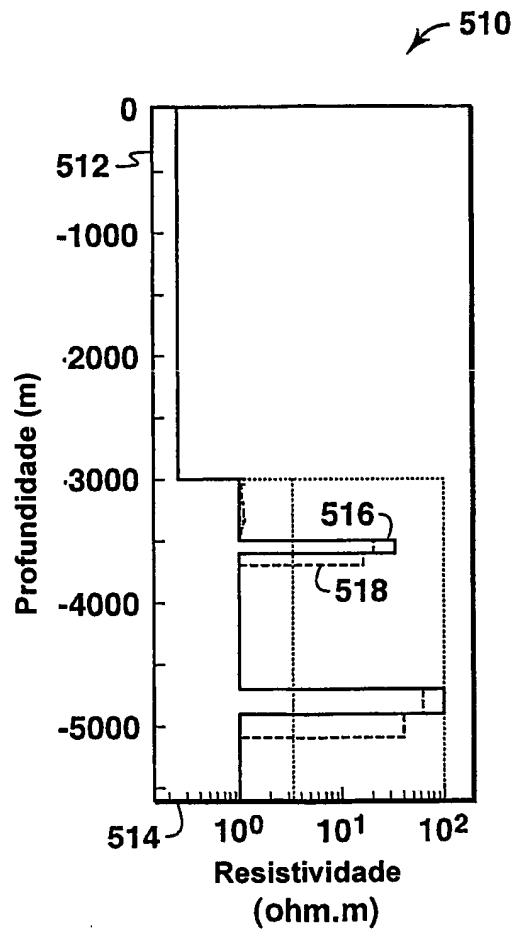


FIG. 5B

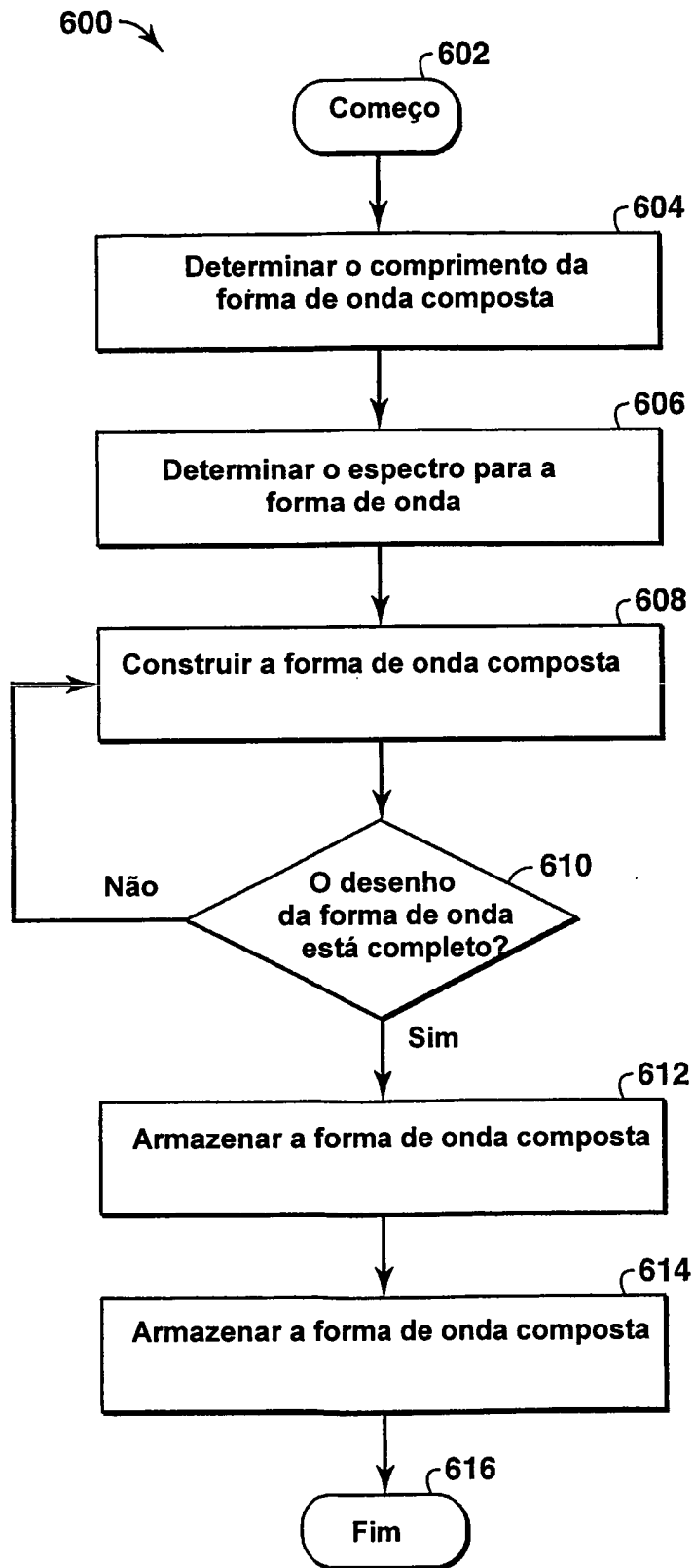


FIG. 6

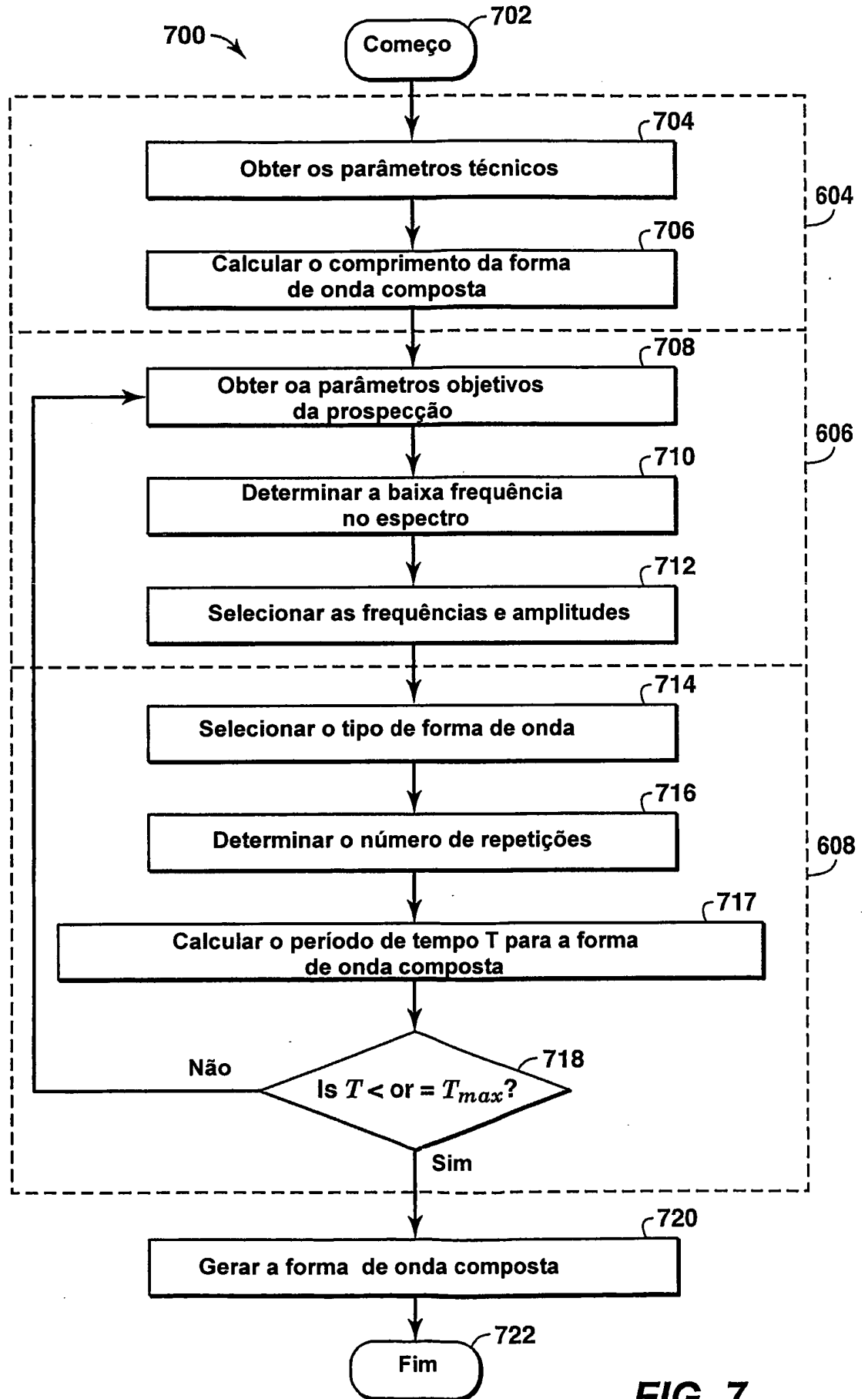


FIG. 7

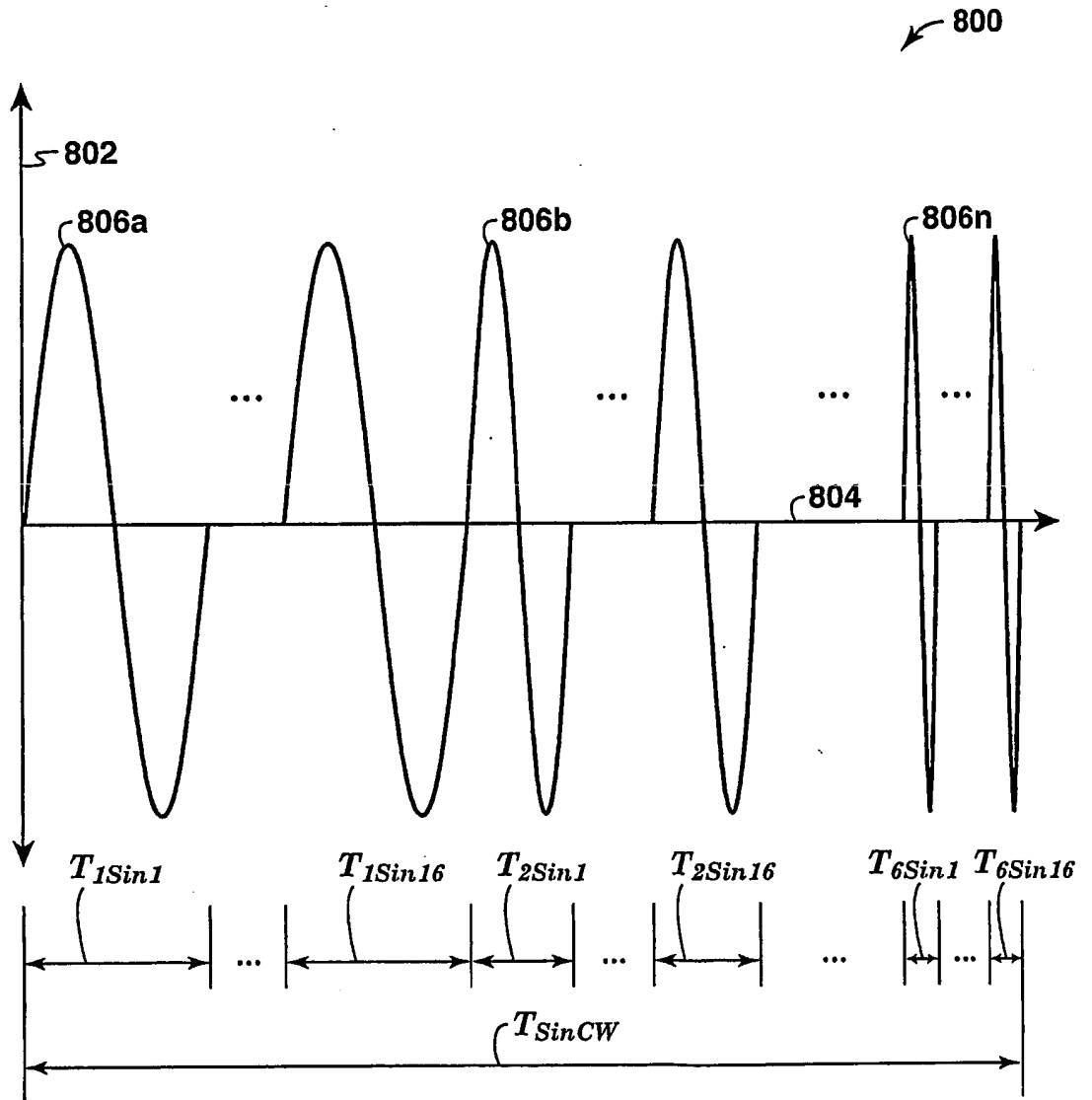


FIG. 8A

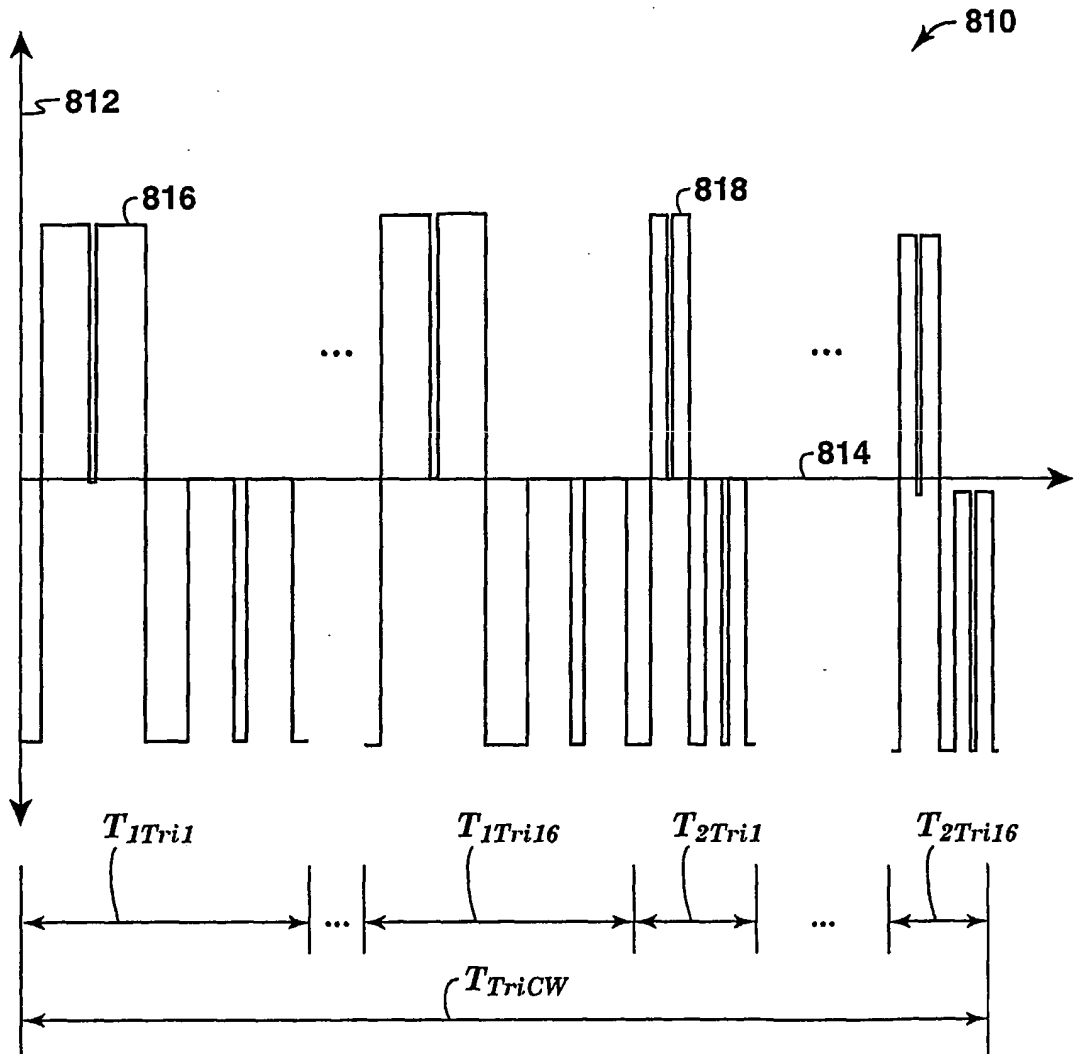


FIG. 8B

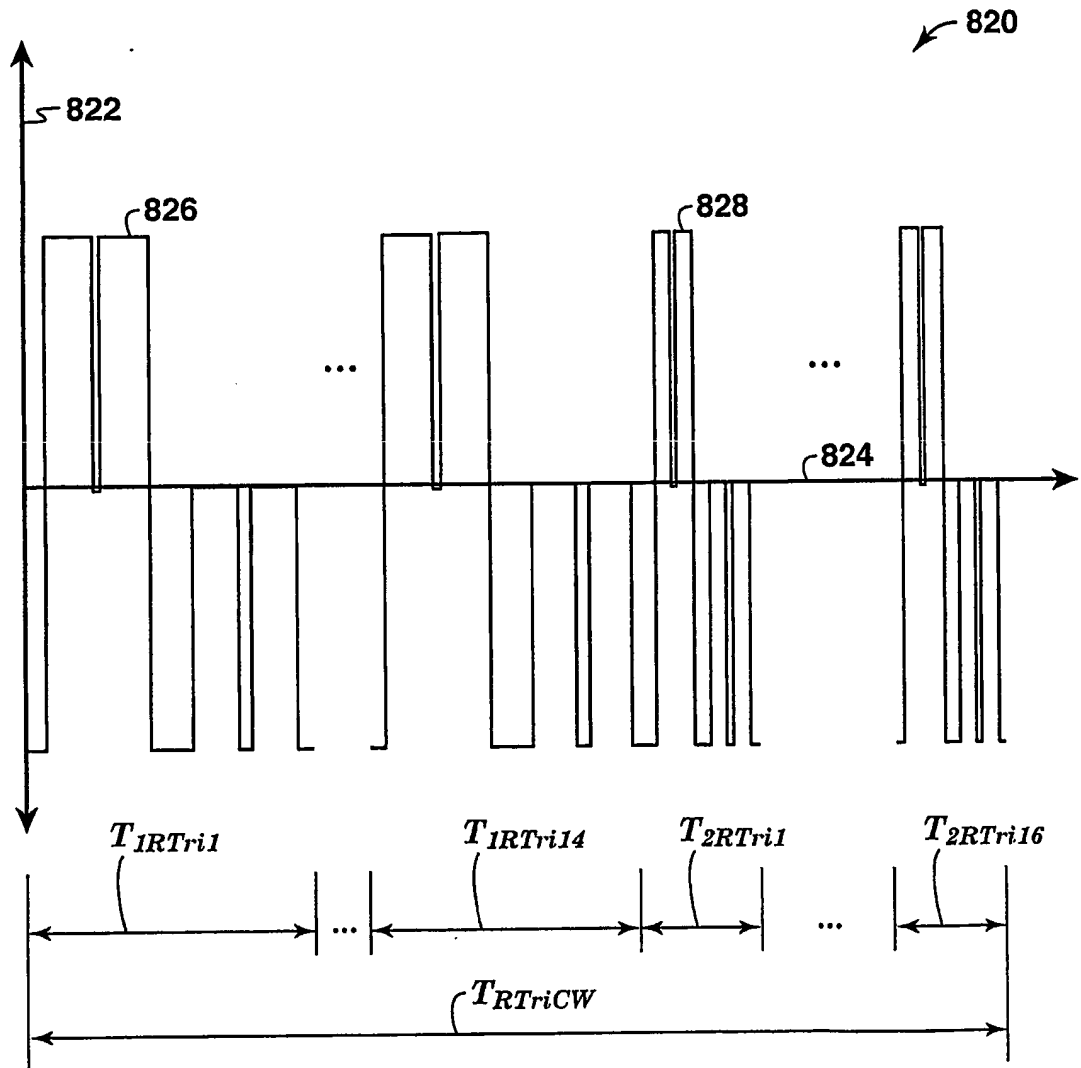
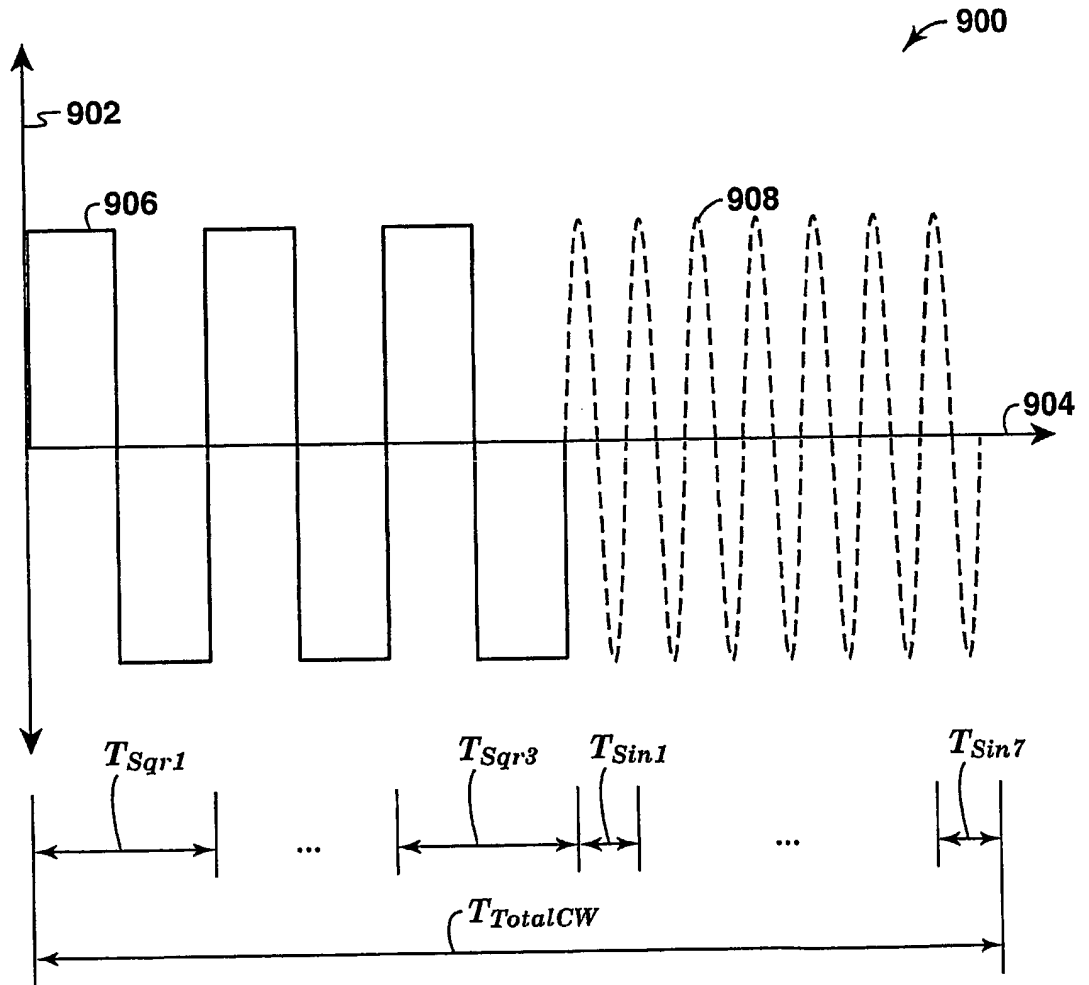


FIG. 8C

**FIG. 9**

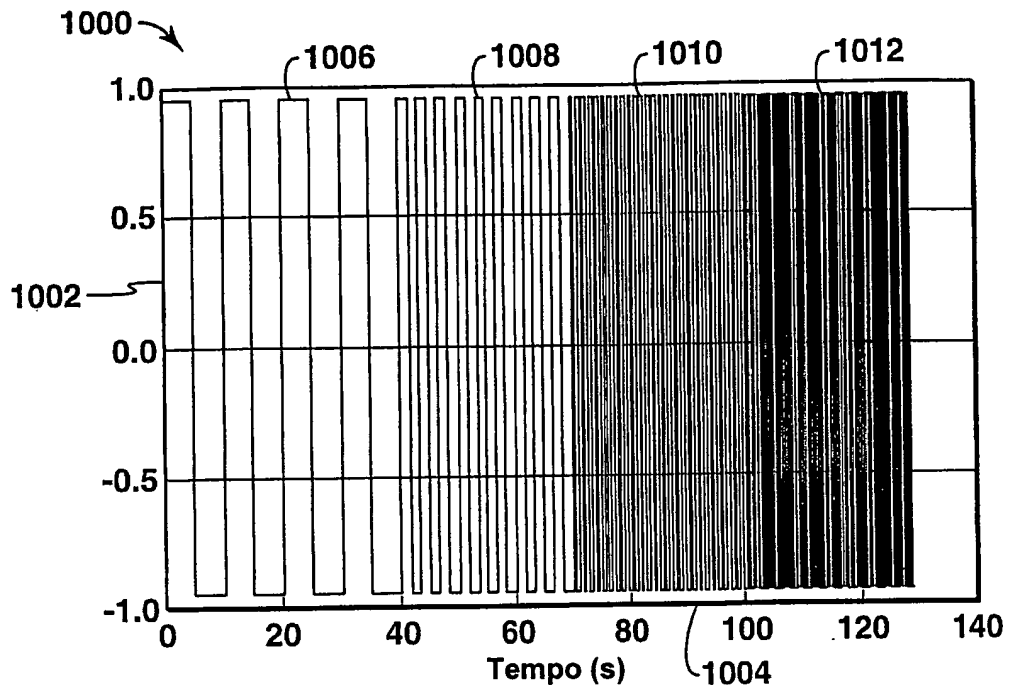


FIG. 10A

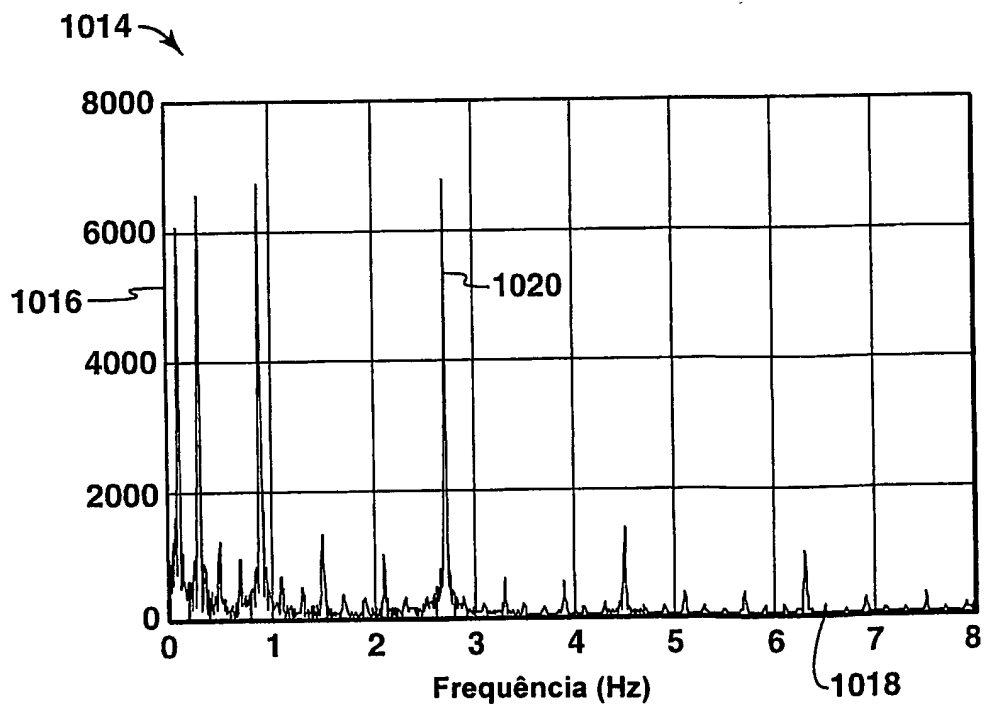


FIG. 10B

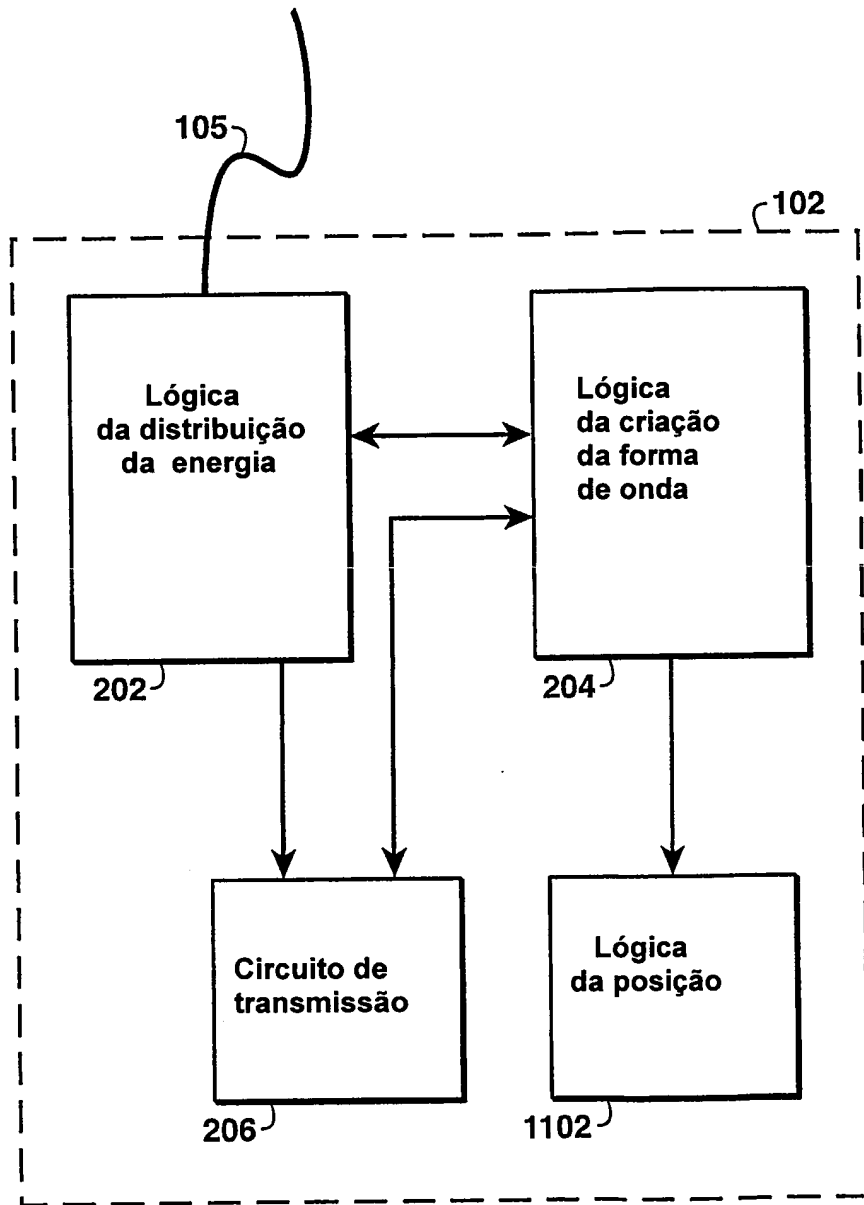


FIG. 11

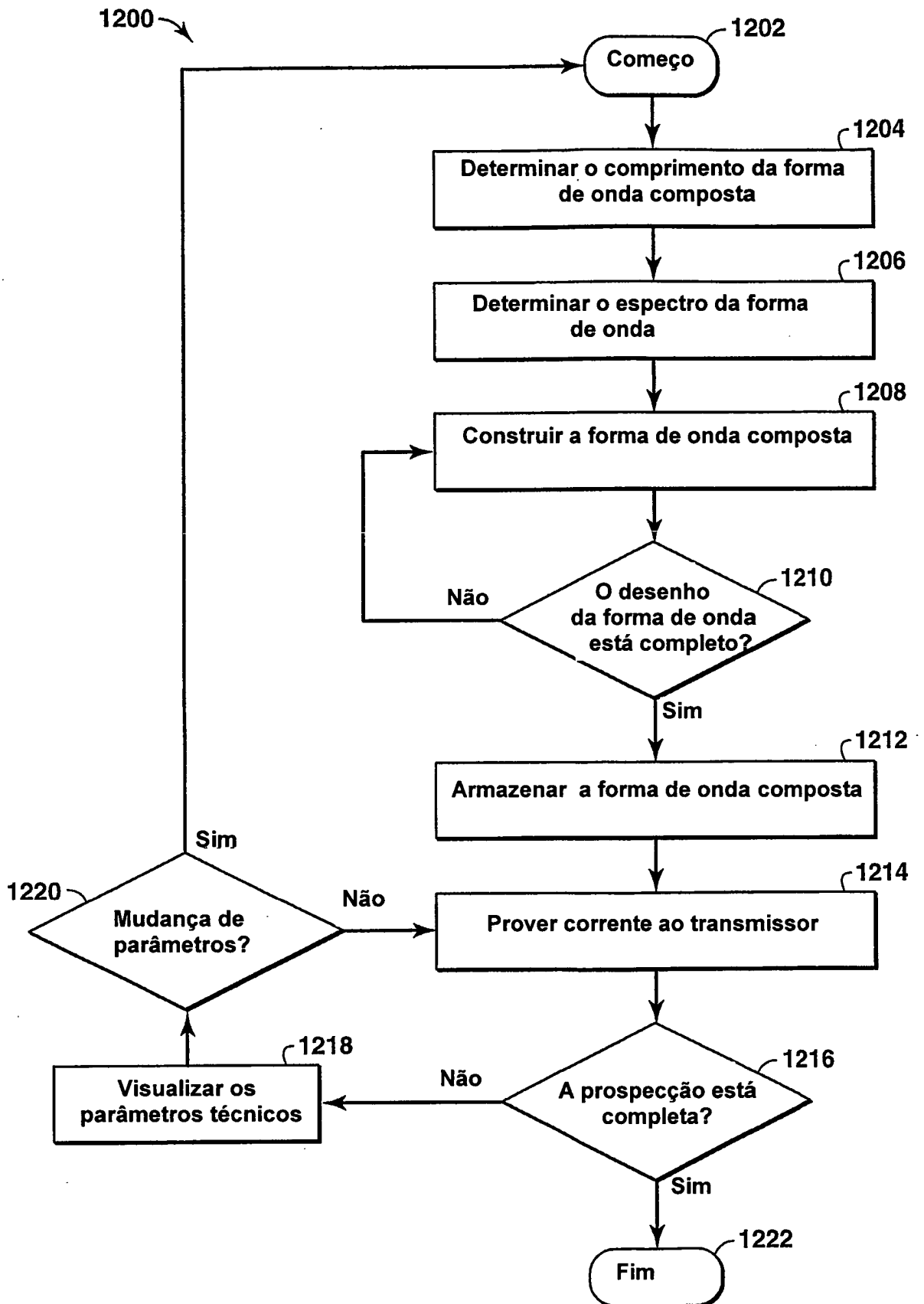


FIG. 12

RESUMO

“MÉTODOS DE CONSTRUIR UM SINAL PARA UMA FONTE AO LONGO DE UMA LINHA DE PROSPECÇÃO GEOFÍSICA E PARA UMA PROSPECÇÃO ELETROMAGNÉTICA COM FONTE CONTROLADA, TRANSMISSOR PARA CONSTRUIR UMA FORMA DE ONDA COMPOSTA PARA UMA FONTE AO LONGO DE UMA LINHA DE PROSPECÇÃO GEOFÍSICA E SISTEMA PARA CONDUZIR UMA PROSPECÇÃO ELETROMAGNÉTICA COM FONTE CONTROLADA”

Um método e um aparelho para a construção de um sinal para uma prospecção eletromagnética com fonte controlada é descrito. Numa forma de realização, é descrito um método que inclui determinar uma primeira forma de onda e uma segunda forma de onda, relacionadas com um espectro de frequências combinado com uma largura de banda associados a uma linha de prospecção geofísica. Assim, é construído um sinal através da determinação da seqüência da primeira com a segunda forma de onda. Este sinal pode é utilizado num transmissor, que pode é içado por uma embarcação ao longo da linha de prospecção geofísica.