



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

(21) **PI 1103241-3 A2**



(22) Data de Depósito: 01/07/2011
(43) Data da Publicação: 04/12/2012
(RPI 2187)

(51) *Int.Cl.*:
G01V 1/16
B63B 21/56

(54) **Título:** MÉTODOS PARA COLETAR DADOS GEOFÍSICOS MARINHOS

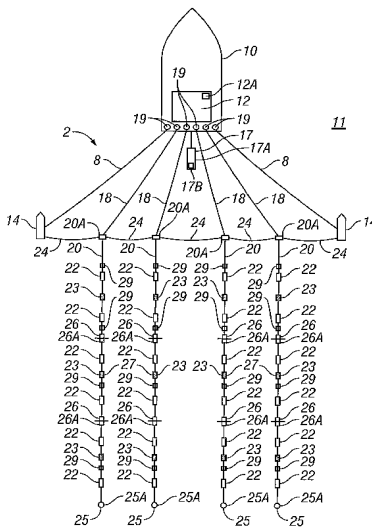
(30) **Prioridade Unionista:** 02/07/2010 US 12/803,730

(73) **Titular(es):** PGS Geophysical AS

(72) **Inventor(es):** Oyvind Hillesund, Stian Hegna

(57) **Resumo:** Patente de Invenção: "MÉTODOS PARA COLETAR DADOS GEOFÍSICOS MARINHOS".

A presente invenção refere-se a um método para coletar os dados geofísicos, que inclui rebocar o equipamento de coleta de dados geofísicos atrás de uma embarcação de pesquisa em um corpo de água, o dito equipamento incluindo um conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones que se estendem atrás da dita embarcação e determinar uma localização geodésica de um ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones em uma extremidade dianteira dos cabos sensores dotados de hidrofones e uma direção de referência. Pelo menos um cabo sensor dotado de hidrofones incluindo no dito conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones é desviado de forma lateral em resposta à localização geodésica determinada do dito ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones e a direção de referência determinada.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODOS PARA COLETAR DADOS GEOFÍSICOS MARINHOS"**.

Referência Cruzada aos Pedidos Correlacionados

Não aplicável.

- 5 Declaração com relação à Pesquisa ou ao Desenvolvimento patrocinado de forma Federal

Não aplicável.

Antecedentes da Invenção

Campo da Invenção

- 10 A presente invenção refere-se, em geral, ao campo de pesquisa geofísica marinha. Mais particularmente, a presente invenção refere-se aos métodos para controlar a distribuição espacial ou o equipamento de coleta de dados geofísicos rebocado atrás de uma embarcação de pesquisa.

Antecedentes da Invenção

- 15 Os sistemas de pesquisa geofísica marinha, como os sistemas de aquisição sísmica e os sistemas de pesquisa eletromagnética são usados para adquirir os dados geofísicos a partir de formações dispostas abaixo do fundo de um corpo de água, como um lago ou o oceano. Os sistemas de pesquisa sísmica marinha, por exemplo, tipicamente incluem uma embarcação de pesquisa sísmica que tem navegação a bordo, controle de fonte de energia sísmica e equipamento de gravação de dados geofísicos. A embarcação de pesquisa sísmica é tipicamente configurada para rebocar um ou, mais tipicamente, uma pluralidade de cabos sensores dotados de hidrofones ("cabo sensor dotado de hidrofones") espaçados de forma lateral através da
- 20 água. Em determinados momentos, o equipamento de controle de fonte de energia sísmica faz com que uma ou mais fontes de energia sísmica (que podem ser rebocadas na água pela embarcação sísmica ou por outra embarcação) atue. Os sinais gerados por vários sensores em um ou mais cabos dotados de hidrofones em resposta à energia sísmica detectada são, por
- 25 fim, conduzidos ao equipamento de gravação. Uma gravação com relação ao horário é feita no sistema de gravação dos sinais gerados por cada sensor (ou grupos de tais sensores). Os sinais gravados são mais tarde interpre-
- 30

tados para inferir a estrutura e a composição das formações abaixo do fundo do corpo de água. Os componentes correspondentes para incluir os campos eletromagnéticos e para detectar o fenômeno eletromagnético que se origina abaixo da superfície em resposta aos tais campos conferidos podem ser usados em sistemas de pesquisa geofísica eletromagnética marinha.

O um ou mais cabos sensores dotados de hidrofones são, no sentido mais geral, cabos longos que têm sensores geofísicos dispostos em posições espaçadas ao longo do comprimento dos cabos. Um típico cabo dotado de hidrofones pode se estender atrás da embarcação de pesquisa geofísica por vários quilômetros.

Os múltiplos sistemas de cabo dotado de hidrofones são usados no que é conhecido como pesquisas geofísicas tridimensionais e quadridimensionais. Uma pesquisa sísmica quadridimensional é uma pesquisa tridimensional ao longo da mesma área abaixo da superfície da Terra, repetida em momentos selecionados.

A qualidade de imagens geofísicas abaixo superfície da Terra, produzidas a partir de pesquisas tridimensionais ou quadridimensionais é afetada pela maneira como as posições dos sensores individuais nos cabos dotados de hidrofones são controladas. Vários dispositivos são conhecidos na técnica para posicionar os cabos dotados de hidrofones de forma lateral e/ou em uma profundidade selecionada abaixo da superfície da água. A Patente U.S. Nº 5.443.027 concedida a Owsley *et al.*, por exemplo, descreve um dispositivo de força lateral para deslocar um cabo acústico submerso rebocado que fornece o deslocamento nas direções horizontal e vertical.

A Patente U.S. Nº 6.011.752 concedida a Ambs *et al.* descreve um módulo de controle de posição do cabo dotado de hidrofones sísmico.

A Patente U.S. Nº 6.144.342 concedida a Bertheas *et al.* descreve um método para controlar a navegação de um cabo dotado de hidrofones sísmico rebocado com o uso de "pássaros" anexados ao exterior do cabo dotado de hidrofones.

Sumário da Invenção

Em uma primeira modalidade, a invenção compreende um mé-

todo para coletar os dados geofísicos, que inclui rebocar o equipamento de coleta de dados geofísicos atrás de uma embarcação de pesquisa em um corpo de água, o dito equipamento incluindo um conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones que se estendem atrás da dita embarcação e determinar uma localização geodésica de um ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones em uma extremidade dianteira dos ditos cabos sensores dotados de hidrofones e uma direção de referência. Pelo menos um cabo sensor dotado de hidrofones incluído no dito conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones é desviado de forma lateral em resposta à localização geodésica determinada do dito ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones e a dita direção de referência determinada.

Em outra modalidade, a invenção compreende um método para coletar os dados geofísicos, que inclui rebocar o equipamento de coleta de dados geofísicos atrás de uma embarcação de pesquisa em um corpo de água, o dito equipamento que inclui um conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones que compreende uma pluralidade de cabo sensor dotado de hidrofones que se estendem atrás da dita embarcação, determinar uma localização geodésica de um ponto de referência de direção da embarcação em uma extremidade dianteira do dito conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones e direcionar a embarcação de pesquisa de modo que o ponto de referência de direção da embarcação segue uma trajetória de movimento predefinido.

Em ainda outra modalidade, a invenção compreende um método para coletar os dados geofísicos, que inclui rebocar o equipamento de coleta de dados geofísicos atrás de uma embarcação de pesquisa em um corpo de água, o dito equipamento que inclui uma fonte geofísica e um conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones que inclui uma pluralidade de cabo sensor dotado de hidrofones que se estendem atrás da embarcação, determinar uma localização geodésica de um ponto de referência de direção de fonte em uma extremidade dianteira do dito conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones, determinar uma posição lateral de fonte desejada com referência ao ponto de referência de direção de fonte e direcionar a dita fon-

te geofísica de modo que a dita fonte geofísica segue a posição lateral de fonte desejada.

Outros aspectos e vantagens da invenção ficarão claros a partir da descrição a seguir e dos desenhos anexos.

5 Breve Descrição dos Desenhos

A figura 1 mostra um conjunto de cabos sísmicos dotados de hidrofones, cada um incluindo dispositivos de controle de profundidade e de força lateral para ajustar a geometria dos respectivos cabo dotado de hidrofones;

10 a figura 2 ilustra a modalidade de modo dianteiro do cabo dotado de hidrofones da invenção;

a figura 3 ilustra a direção da embarcação para manter a extremidade do cabo dotado de hidrofones em uma modalidade da trajetória determinada da invenção;

15 a figura 4 ilustra a modalidade de modo dianteiro de fonte de energia da invenção.

Descrição Detalhada

A figura 1 mostra um típico sistema de pesquisa geofísica marinha 2 que pode incluir uma pluralidade de cabos sensores geofísicos dotados de hidrofones 20. Cada um dos cabos sensores dotados de hidrofones
20 pode ser guiado através da água por um ou mais dispositivos de controle ("LFD") de profundidade e de força lateral 26 engatados de forma cooperativa com cada um dos cabos dotados de hidrofones 20. Conforme será explicado mais adiante, o uso de dispositivos LFD 26 que pode fornecer capacidade de controle de profundidade é uma questão de escolha para o criador
25 do sistema. Somente é necessário, para propósitos da invenção, que os dispositivos associados aos cabos sensores geofísicos dotados de hidrofones forneçam controle direcional para afetar a direção do cabo dotado de hidrofones paralelo ao plano da superfície da água à medida que o cabo dotado
30 de hidrofones se move através de um corpo de água.

O sistema de pesquisa geofísica 2 inclui uma embarcação de pesquisa 10 que se move ao longo de uma superfície de um corpo de água

11, como um lago ou o oceano. A embarcação de pesquisa 10 pode incluir nele o equipamento, mostrado em geral como 12 e, por conveniência, coletivamente mencionado como um "sistema de gravação". O sistema de gravação 12 tipicamente inclui os dispositivos (nenhum dos dispositivos descritos a seguir mostrados de forma separada) como uma unidade de gravação de dados para fazer uma gravação com relação ao momento dos sinais gerados por vários sensores no sistema de aquisição. O sistema de gravação 12, tipicamente, também inclui o equipamento de navegação para determinar e gravar, em momentos selecionados, a posição geodésica da embarcação 10 e com o uso de outros dispositivos a serem explicados abaixo, a posição geodésica de cada um de uma pluralidade de sensores geofísicos 22 dispostos em localizações espaçadas em cabos dotados de hidrofones 20 rebocados pela embarcação de pesquisa 10.

Em um exemplo, o dispositivo para determinar a posição geodésica pode ser um receptor de sinal de posição geodésica, como um receptor de Satélite de Posicionamento Global ("GPS"), mostrado de forma esquemática como 12A. Outros dispositivos de determinação da posição geodésica são conhecidos na técnica. Os elementos supracitados do sistema de gravação 12 são familiares aos versados na técnica e com exceção do receptor de detecção da posição geodésica 12A não são mostrados de forma separada nas figuras aqui para objetividade da ilustração.

Os sensores geofísicos 22 podem ser qualquer tipo de sensor geofísico conhecido na técnica. Os exemplos não limitadores de tais sensores podem incluir os sensores sísmicos responsivos à pressão movimento de partícula, como geofones e medidores de aceleração, sensores sísmicos responsivos à pressão, sensores sísmicos responsivos ao gradiente de tempo e pressão, eletrodos, magnetômetros, sensores de temperatura ou combinações dos supracitados. Os sensores geofísicos 22 podem medir, por exemplo, a energia no campo eletromagnético ou sísmico principalmente refletida ou refratada por várias estruturas abaixo da superfície da Terra, abaixo do fundo da água 11 em resposta à energia conferida abaixo da superfície por uma fonte de energia 17. A fonte de energia 17 pode ser, por exem-

plo uma fonte de energia sísmica ou um conjunto de tais fontes. Os exemplos não limitadores de fontes de energia sísmica incluem injetores de ar e injetores de água. A fonte de energia 17 também pode ser uma fonte eletromagnética, por exemplo, uma laçada de fio ou par de eletrodos (não mostrado para objetividade). A fonte de energia 17 pode ser rebocada na água 11 pela embarcação de pesquisa 10 conforme mostrado ou uma embarcação diferente (não mostrada). O sistema de gravação 12 também pode incluir o equipamento de controle de fonte de energia (não mostrado de forma separada) para operar de forma seletiva a fonte de energia 17.

10 No sistema de pesquisa mostrado em uma figura 1, há quatro cabos sensores dotados de hidrofones 20 rebocados pela embarcação de pesquisa 10. Entretanto, o número de cabos sensores dotados de hidrofones mostrado em uma figura 1 é apenas para propósitos de explicação da invenção e não é uma limitação com relação ao número de cabos dotados de hidrofones que podem ser usados em qualquer sistema de pesquisa geofísica em de acordo com a invenção. Em sistemas de aquisição geofísica marinha, como mostrado na figura 1 que incluem uma pluralidade de cabos dotados de hidrofones espaçados de forma lateral, os cabos dotados de hidrofones 20 são tipicamente acoplados ao equipamento de reboque que se destina a prender a extremidade dianteira de cada um dos cabos dotados de hidrofones 20 em uma posição lateral selecionada com relação aos cabos dotados de hidrofones adjacentes e com relação à embarcação de pesquisa 10. Conforme mostrado na figura 1, o equipamento de reboque pode incluir duas cordas de reboque de paravane 8, cada uma acoplada à embarcação 10 em uma extremidade através de um guincho 19 ou dispositivo de bobina similar que permite alterar o comprimento aplicado de cada corda de reboque de paravane 8. A extremidade distal de cada corda de reboque de paravane 8 é acoplada de forma funcional a um paravane 14. Os paravanes 14 são, cada um, desenvolvidos para fornecer um componente lateral de movimento aos vários componentes de reboque empregados na água 11 quando os paravanes 14 são movidos através da água 11. "Lateral", no presente contexto, significa que os meios transversais para a direção de movimento da embar-

cação de pesquisa 10 na água 11. O componente de movimento lateral de cada paravane 14 é oposto àquele do outro paravane 14. O componente de movimento lateral combinado dos paravanes 14 separa os paravanes 14 um do outro até que apliquem tração a um ou mais cabos ou cordas de cunha 24, aplicados de forma funcional de extremidade a extremidade entre os paravanes 14.

Os cabos sensores dotados de hidrofones 20 podem ser, cada um, acoplados na extremidade axial do mesmo o mais próximo possível da embarcação 10 (a "extremidade dianteira"), a uma respectiva terminação de cabo de entrada 20A. As terminações de cabo de entrada 20A podem ser acopladas ou associadas aos cabos ou cordas de cunha 24 de modo a fixar de forma substancial as posições laterais dos cabos dotados de hidrofones 20 uma em relação à outra. As terminações de cabo de entrada 20A podem, cada uma, incluir um sensor de sinal de posição relativa (não mostrado de forma separada e explicado mais adiante). A conexão óptica e/ou elétrica entre os componentes adequados no sistema de gravação 12 e, finalmente, os sensores geofísicos 22 (e/ou outro conjunto de circuitos) nos cabos dotados de hidrofones 20 pode ser feita com o uso de cabos de entrada 18, cada um dos quais terminam em uma respectiva terminação de cabo de entrada 20A. Cada uma das terminações de entrada 20A é disposta na extremidade dianteira de cada um dos cabos dotado de hidrofones 20. Cada um dos cabos de entrada 18 pode ser posicionado por um respectivo guincho 19 ou dispositivo de bobina similar, tal que o comprimento aplicado de cada cabo 18 pode ser alterado. O tipo de equipamento de reboque acoplado à extremidade dianteira de cada cabo dotado de hidrofones mostrado na figura 1 destina-se apenas a ilustrar um tipo de equipamento que pode rebocar um conjunto de cabos dotados de hidrofones espaçados de forma lateral na água. Outras estruturas de reboque podem ser usadas em outros exemplos de sistema de aquisição geofísica de acordo com a invenção.

O sistema de captura mostrado em uma figura 1 também pode incluir uma pluralidade de dispositivos de controle ("LFD") de profundidade e de força lateral 26 engatados de forma cooperativa com cada um dos cabos

dotados de hidrofones 20 em posições selecionadas ao longo de cada cabo dotado de hidrofones 20. Cada dispositivo de controle LFD 26 pode incluir uma ou mais superfícies de controle giratório (não mostrado de forma separada) que quando movidas a uma orientação giratória selecionada com relação à direção do movimento de tais superfícies através da água 11 cria uma elevação hidrodinâmico em uma direção selecionada para impulsionar o cabo dotado de hidrofones 20 em qualquer direção selecionada para cima ou para baixo na água 11 ou de forma lateral ao longo da superfície da água com relação à direção do movimento da embarcação 10. Assim, tais dispositivos de controle LFD 26 podem ser usados para manter os cabos dotados de hidrofones 20 em uma disposição geométrica selecionada. Um exemplo não limitador de dispositivo de controle LFD que pode ser usado em alguns exemplos é descrito na Publicação de Pedido de Patente U.S. N° 2009/0003129 depositado por Stokkeland *et al.*, o pedido de patente subjacente para o qual é comumente concedido com a presente invenção. A configuração particular do dispositivo de controle LFDs 26, entretanto, não é limitadora do escopo da presente invenção. Conforme explicado anteriormente, para os propósitos da presente invenção é apenas necessário que quaisquer dispositivos usados como os dispositivos de controle LFD 26 sejam capazes de aplicar uma força lateral selecionável aos cabos dotados de hidrofones 20 associados. O controle de profundidade dos cabos dotados de hidrofones 20 pode ser fornecido de forma passiva, como mediante o fornecimento de cabos dotados de hidrofones 20 com uma gravidade específica geral selecionada ou mediante os dispositivos de controle de profundidade separados (não mostrados). Portanto, qualquer referência ao controle de "profundidade", conforme fornecido pelo dispositivo de controle LFDs 26, destina-se apenas a cobrir a implementação do presente exemplo, como com o uso do dispositivo mostrado na publicação de pedido de patente '129 por Stokkeland *et al.*, chamado acima. Qualquer referência ao controle de profundidade ativo dos cabos dotados de hidrofones 20 não é um limite no escopo da presente invenção. Para propósitos de definir o escopo da invenção, portanto, os dispositivos LFD 26 precisam apenas realizar a função dos

"dispositivos de controle de "força lateral" e a inclusão do controle de profundidade como uma parte da função dos dispositivos de controle LFD 26 explicado aqui se destina a garantir que os versados na técnica entendam que o uso dos dispositivos de controle LFD 26 do exemplo apresentado aqui e
5 quaisquer outros exemplos similares estão dentro do escopo da presente invenção.

No presente exemplo, cada dispositivo de controle LFD 26 pode incluir um dispositivo de determinação de posição relativa associado. Em um exemplo, o dispositivo de determinação de posição pode ser um dispositivo
10 de detecção de faixa acústica ("ARD") 26A. Tais ARDs tipicamente incluem um transceptor ultrassônico ou transmissor e conjunto de circuitos eletrônico configurado para fazer com que o transceptor emita os pulsos de energia acústica. O tempo de deslocamento da energia acústica entre um transmissor e um receptor disposto em uma posição espaçada, como ao longo do
15 mesmo cabo dotado de hidrofones e/ou em um cabo dotado de hidrofones diferente, é relacionado à distância entre o transmissor e um receptor, e a velocidade acústica da água. Pode-se presumir que a velocidade acústica pode ser não altere de forma substancial durante uma pesquisa, ou ela pode ser medida por um dispositivo como uma célula de teste de velocidade da
20 água. Alternativa ou adicionalmente, os dispositivos de detecção de faixa acústica ("ARDs") podem ser dispostos em posições selecionadas ao longo de cada um dos cabos dotados de hidrofones não localizado junto aos dispositivos de controle LFD 26. Tais ARDs adicionais são mostrados como 23 na figura 1. Cada um dos ARDs 26A, 23 pode estar em comunicação de sinal com o sistema de gravação 12, de modo que a qualquer momento a distância entre qualquer um dos dois ARDs 26A, 23 em qualquer um dos cabos
25 dotados de hidrofones 20 é determinável. Um ou mais ARDs pode ser posicionado em posições selecionadas adjacentes à extremidade posterior da embarcação 10, de modo que as distâncias relativas entre as posições selecionadas da embarcação 10 e qualquer um dos ARDs nos cabos dotados de
30 hidrofones também podem ser determinados. Um exemplo não limitador de um ARD e um sistema usado com tais ARDs é descrito na Patente U.S. N°

7.376.045 concedida a Falkenberg et al. e atribuída ao cessionário da presente invenção e incorporada aqui a título de referência.

Os cabos dotados de hidrofones 20 também podem, adicional ou alternativamente, incluir uma pluralidade de sensores de direcionamento 29 dispostos em posições espadas ao longo de cada cabo dotado de hidrofones 20. Os sensores de direcionamento 29 podem ser sensores de direção geomagnéticos, como dispositivos de bússola magnética anexados ao exterior do cabo dotado de hidrofones 20. Um tipo de dispositivo de bússola é descrito na Patente U.S. N° 4.481.611 concedida a Burrage e incorporada aqui a título de referência. Os sensores de direcionamento 29 fornecem um indicativo de sinal do direcionamento (direção com relação ao norte magnético) do cabo dotado de hidrofones 20 na posição axial do sensor de direcionamento 29 ao longo do respectivo cabo dotado de hidrofones. As medições de tal direcionamento em localizações espaçadas ao longo de cada cabo dotado de hidrofones podem ser usadas para interpolar a geometria (distribuição espacial) de cada cabo dotado de hidrofones.

Cada cabo dotado de hidrofones 20 pode incluir na extremidade distal do mesmo uma boia tipo cauda 25. A boia tipo cauda 25 pode incluir, entre outros dispositivos de detecção, um receptor de posição geodésica 25A, como um receptor de GPS que pode determinar a posição geodésica de cada boia tipo cauda 25. O receptor de posição geodésica 25A em cada boia tipo cauda 25 pode estar em comunicação de sinal com o sistema de gravação 12.

Mediante a determinação da distância entre os ARDs 26A, 23, incluindo os um ou mais ARDs na embarcação 10, e/ou mediante a interpolação da distribuição espacial dos cabos dotados de hidrofones 20 a partir das medições do sensor de direcionamento 29, uma estimativa da geometria de cada cabo dotado de hidrofones 20 pode ser feita. Coletivamente, a geometria dos cabos dotados de hidrofones 20 pode ser chamada de "geometria de conjunto". Para propósitos de definição do escopo da presente invenção, os vários componentes de medição de posição descritos acima, incluindo aqueles sensores de direcionamento 29, os ARDs 26A, 23 e, caso usados,

os receptores de posição geodésica adicional 25A nas boias tipo cauda 25, podem ser usados individualmente ou em qualquer combinação. É necessário apenas para propósitos da presente invenção ser capaz de estimar de forma razoável a posição relativa de cada ponto ao longo de cada cabo do-

5 tado de hidrofones 20 com referência a uma medição da posição geodésica em um ou mais pontos no sistema de pesquisa. Tal ponto pode estar na embarcação de pesquisa 10, conforme medido pelo receptor de posição geodésica do GPS 12A, e/ou pelos receptores de posição geodésica do GPS 25A na boia tipo caudas 25.

10 Mediante a seleção adequada das posições ao longo de cada cabo dotado de hidrofones, nas quais os vários dispositivos de medição de posição relativa descritos acima são dispostos, é possível determinar a geometria de conjunto sem precisar medir, estimar ou de outro modo determinar a posição geodésica absoluta em grandes número de posições ao longo

15 de cada cabo dotado de hidrofones, como mediante o uso de um grande número de receptores de GPS. Os ARDs 26A, 23 e os sensores de direcionamento 29 podem ser chamados, para a conveniência na definição da invenção, de sensores de "determinação de posição relativa". Mediante a determinação das posições relativas em cada ponto ao longo de cada cabo

20 dotado de hidrofones com referência a um ponto selecionado na embarcação de pesquisa, a boia tipo cauda 25 e/ou a fonte de energia 17 do cabo dotado de hidrofones, (a posição geodésica do qual é medida pelo respectivo sensor nele) é possível determinar a posição geodésica de cada ponto do cabo dotado de hidrofones. Um exemplo particular de um sistema para de-

25 terminar as posições relativas dos cabos dotados de hidrofones com o uso de sinais acústicos é descrito na Patente de Falkenberg *et al.* referida acima.

 No presente exemplo, a fonte de energia 17 pode incluir um dispositivo de direção 17B para permitir o controle separado da trajetória da fonte 17. O dispositivo de direção da fonte de energia 17B pode ser contro-

30 lado mediante sinais de controle adequados do sistema de gravação 12.

 Durante a operação do sistema de aquisição geofísica mostrado na figura 1, pode ser desejável ajustar a geometria do conjunto do cabo do-

tado de hidrofones de modo a alcançar ou manter uma geometria de conjunto siliconada durante a pesquisa geofísica. O sistema de gravação 12 pode ser configurado para enviar os sinais de controle adequados para cada um dos dispositivos LFD 26 para mover as partes associada de cada cabo dotado de hidrofones 20 de forma lateral.

Durante as operações de pesquisa geofísica, muitas vezes é desejável que os cabos dotados de hidrofones 20 se espalhem atrás da embarcação 10 em uma geometria selecionada. Em uma implementação da invenção, pode ser desejável que os dotados de hidrofones se espalhem de forma igual atrás da embarcação para evitar os "buracos" na cobertura das medições abaixo da superfície. Entretanto, outras geometrias selecionada também podem ser escolhidas. "De forma igual", no presente contexto, significa que o espaçamento lateral entre os cabos dotados de hidrofones 20 adjacentes é o mesmo ao longo do comprimento dos cabos dotados de hidrofones 20, ou que o espaçamento lateral é relacionado, por exemplo, proporcional à distância ao longo dos cabos dotados de hidrofones a partir das extremidades dianteiras do mesmo. As derivações do espalhamento igual podem resultar de, por exemplo, corrente turbulentas na água 11 e de rajadas de vento produzidas pelas hélices da embarcação 10.

1. Modo de Seguir a Extremidade Inicial do Cabo dotado de hidrofones.

A primeira modalidade da invenção pode ser chamada de um "modo de seguir a extremidade inicial do cabo dotado de hidrofones". Com referência à figura 2, equipamento de coleta de dados geofísicos 2, que inclui um conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones 20, é rebocado atrás de uma embarcação de pesquisa 10 em um corpo de água 11. Nesta modalidade, a posição geodésica de um ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones 42 na extremidade dianteira dos cabos sensores dotados de hidrofones 20 é determinada e uma direção de referência 48 do dito ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones 42 é determinada. Em seguida, os cabos sensores dotados de hidrofones 20 são controlados por meio dos dispositivos LFD 26 em resposta aos sinais do sis-

tema de gravação (12 em uma figura 1), de modo que os cabos sensores dotados de hidrofones 20 busquem como seguir uma geometria definida em relação ao dito ponto de referência e direção de referência. Pelo menos um cabo sensor dotado de hidrofones incluído no dito conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones 20 é desviado de forma lateral em resposta à dita localização geodésica determinada do dito ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones 42 e da direção de referência determinada 48.

Uma posição geodésica da extremidade dianteira de um ou mais dos cabos sensores dotados de hidrofones 20 pode ser determinada mediante o uso do sensor de posição relativa (não mostrado de forma separada) nas terminações de extremidade dianteira 20A dos cabos sensores dotados de hidrofones e mediante o cálculo da posição geodésica das extremidades dianteiras dos cabos sensores dotados de hidrofones a partir da posição relativa medida entre a terminação de extremidade dianteira 20A e uma ou mais das medições do sensor de posição geodésica (por exemplo, como 12A em uma figura 1, 17A em uma figura 1 ou 25A em uma figura 1). As posições geodésicas calculadas dessa forma na terminação de extremidade inicial 20A podem ser usadas para definir um ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones 42. O ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones 42, por exemplo, pode ser no centro lateral das terminações de extremidade inicial 20A. O ponto de referência 42 pode ser determinado, por exemplo, mediante o cálculo de uma média das posições geodésicas de todas as terminações de extremidade inicial 20A. O ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones também poderia ter como base um ou um número limitado de terminações de extremidade inicial do cabo dotado de hidrofones 20A apenas, mais a possibilidade de um deslocamento lateral. Por exemplo, o ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones pode ter como base duas das terminações de extremidade inicial dos cabos sensores dotados de hidrofones 20A.

Além do ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones, uma "direção de referência" 48 é determinada. Em uma implementação da invenção, a direção de referência 48 pode ser a direção de movimen-

to do ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones 42 à medida que os cabos sensores dotados de hidrofones 20 são rebocados atrás da embarcação de pesquisa 10. Para determinar esta direção de referência, a posição geodésica do ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones 42 pode ser determinada de forma repetida em intervalos de tempo selecionados (por exemplo, a cada segundo) para calcular uma direção de movimento do ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones 42. O ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones pode ser submetido a um filtro de suavização (por exemplo, no sistema de gravação 12 em uma figura 1) para remover qualquer ruído ou vibração de curto prazo. Em uma outra implementação da invenção, a direção de referência 48 pode ser a direção entre a localização geodésica do dito ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones 42 e uma localização 50 na dita embarcação de pesquisa 10 ou outra localização no dito equipamento geofísico 2. Uma versão filtrada de tempo da direção de referência 48 derivada mediante a determinação da direção entre a localização geodésica do dito ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones 42 e uma localização 50 no dito equipamento geofísico 2 também pode ser usado. Também pode haver outras maneiras adequadas de definir a direção de referência. A direção de referência também pode ser uma direção selecionada previamente. O ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones 42 e a direção de referência 48 podem, então, ser utilizados para determinar uma localização desejada para os ditos cabos sensores dotados de hidrofones 20. Uma trajetória de movimento desejada é para cada um dos cabos sensores dotados de hidrofones 20 seguir o ponto de referência e a direção de referência 48, mas deslocar a partir do ponto de referência por um deslocamento selecionado para cada cabo dotado de hidrofones ou partes selecionadas de cada cabo dotado de hidrofones. No presente exemplo, um deslocamento lateral perpendicular para a direção de referência 48 pode ser definida para cada dispositivo LFD 26 em cada cabo dotado de hidrofones 20, e uma posição preferencial final para cada dispositivo LFD 20 pode ser definida pelo ponto de referência 42, mais o deslocamento lateral. O deslo-

camento lateral pode ser calculado individualmente para cada dispositivo LFD e é, tipicamente, mas não necessariamente, dependente da distância de cada dispositivo a partir da embarcação 10, bem como o deslocamento lateral nominal do respectivo cabo dotado de hidrofonos a partir da linha central da embarcação. Outros fatores para definir o descolamento poderiam ser a corrente lateral. Em casos com fortes correntes laterais, pode não ser desejável tentar corrigir totalmente a inclinação da disposição de reboque, mas sim adicionar algum deslocamento em todos os cabos dotados de hidrofonos na direção da corrente para compensar pela inclinação. A geometria de sensor selecionada pode ser uma linha reta que é paralela a ou a um ângulo para a direção de referência 48, mas pode não ser uma linha reta.

Em uma implementação desta modalidade da invenção, o ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofonos é a extremidade dianteira de um dos ditos cabos sensores dotados de hidrofonos incluídos no dito matriz de cabos sensores dotados de hidrofonos. Em uma implementação adicional da invenção, uma localização geodésica de um segundo ponto de referência do cabo dotado de hidrofonos de uma extremidade dianteira de um segundo dos cabos sensores dotados de hidrofonos é determinado, e o dito segundo cabo dotado de hidrofonos é desviado de forma lateral em resposta à localização geodésica determinada do segundo ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofonos para o dito segundo ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofonos.

Uma posição desejada para cada dispositivo LFD 26 pode ser definida de acordo com as técnicas descritas acima e os dispositivos LFD 26 podem ser operados de modo que os cabos dotados de hidrofonos 20 se movam, substancialmente, para seguir tal posição desejada.

2. Direção da Embarcação para manter as extremidades dianteiras do cabo dotado de hidrofonos em uma trajetória determinada.

Outra modalidade da invenção pode ser chamada de direção da embarcação para manter as extremidades dianteiras do cabo dotado de hidrofonos em uma trajetória determinada 49. Com referência à figura 3, o equipamento de coleta de dados geofísico 2, que inclui um conjunto de cabos

sensores dotados de hidrofones 20, é rebocado atrás de uma embarcação de pesquisa 10 em um corpo de água 11. Nesta modalidade da invenção, o direcionamento da embarcação 41 pode ser ajustado para fazer com que um ponto de referência de direção da embarcação 43 em uma extremidade di-

5 anteira do dito conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones 20 siga uma trajetória geodésica determinada 49, por exemplo, ao longo de uma trajetória percorrida pela extremidade dianteira de um conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones em uma pesquisa geofísica conduzida anteriormente. Uma localização geodésica de um ponto de referência de direção

10 da embarcação 43 em uma extremidade dianteira do conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones 20 é determinada. Em uma implementação da invenção, o ponto de referência de direção da embarcação 43 pode ser o mesmo que o ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones 42. A embarcação de pesquisa 10 é direcionada de modo que o ponto de

15 referência de direção da embarcação 43 segue a trajetória 49 selecionada previamente. A direção da embarcação tipicamente irá considerar as medições de corrente de ar e água para aprimorar a precisão da direção da embarcação, para melhor alcançar a direção da extremidade inicial do cabo dotado de hidrofone desejada. A direção de um conjunto de sensor geofísico,

20 conforme explicado acima, pode fornecer certas vantagens. Mediante a seleção de um direcionamento da embarcação 41, de modo que o ponto de referência 43 segue uma trajetória selecionada, a quantidade de força de desvio exigida adjacente à extremidade dianteira de cada um dos cabos dotados de hidrofones, fornecida pelos dispositivos LFD 26, para manter o conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones 20 em uma geometria sele-

25 cionada pode ser substancialmente reduzida.

3. Modo de Seguir a Fonte de Energia.

Outra modalidade da invenção pode ser chamada de um modo de seguir a fonte de energia. Com referência à figura 4, o equipamento de

30 coleta de dados geofísico 2, que inclui um conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones 20, é rebocado atrás de uma embarcação de pesquisa 10 em um corpo de água 11. Nesta modalidade da invenção, o dispositivo de

direção de fonte de energia 17B pode ser operado para fazer com que a fonte de energia 17 se mova em direção a uma posição lateral, que pode ser em uma linha 47 projetada a partir de uma extremidade dianteira do dito conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones 20. Em uma implementação
 5 em particular da invenção, o ponto de referência de direção de fonte 44 é o mesmo ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones 42. Uma posição lateral de fonte desejada pode ser definida estendendo-se uma linha 47 adiante a partir de um ponto de referência de direção de fonte 44. A linha 47 pode ser determinada da mesma maneira que a direção de referência
 10 cia 48 é determinada, conforme descrito acima na discussão do Modo de Seguir a Extremidade Inicial do Cabo dotado de hidrofones, mediante a determinação de uma direção de movimento do ponto de referência de direção de fonte 44 ou da direção a partir do ponto de referência de direção de fonte 44 a uma localização na dita embarcação de pesquisa 10 ou outra localização
 15 ção no dito equipamento geofísico 2. A linha 47 também pode ser determinada a partir de uma direção de referência selecionada previamente. Em uma implementação particular da invenção, a linha 47 é igual ao ponto de referência e à direção de referência definidos com referência ao modo de seguir a extremidade inicial do cabo dotado de hidrofones descrito com referência à figura 2. Tipicamente, uma fonte sísmica irá incluir um conjunto de
 20 elementos de fonte individual ou subconjuntos e uma posição central da fonte é direcionada para seguir a posição lateral determinada definida pela linha 47. A posição central de fonte desejada pode ser usada para definir uma posição de deslocamento para cada elemento de fonte individual ou subconjunto com relação à linha de fonte projetada 47.
 25

Os métodos para operar os dispositivos de controle LFD e para controlar a geometria de um conjunto de sensor de acordo com os vários aspectos da invenção podem fornecer ainda mais área de alcance na análise da geofísica marinha, podem fornecer o posicionamento mais preciso dos
 30 sensores geofísicos e podem aperfeiçoar a segurança do conjunto em ambientes hostis. Qualquer um dos métodos acima (o Modo de Seguir a Extremidade Inicial do Cabo dotado de hidrofones, a Direção da Embarcação para

manter as extremidades dianteiras do cabo dotado de hidrofones em uma trajetória determinada e o Modo de Seguir a Fonte de Energia) podem ser usados sozinhos ou em qualquer combinação de dois ou três desses modos.

- Embora a invenção tenha sido descrita com relação a um número limitado de modalidades, os versados na técnica, tendo o benefício desta apresentação, entenderão que outras modalidades podem ser desenvolvidas sem se afastar do escopo da invenção, conforme apresentado aqui. Consequentemente, o escopo da invenção deve ser limitado apenas às reivindicações anexas.
- 5

REIVINDICAÇÕES

1. Método para coletar os dados geofísicos, que compreende:
rebocar o equipamento de coleta de dados geofísicos atrás de uma embarcação de pesquisa em um corpo de água, o dito equipamento
5 que inclui um conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones que se estendem atrás da dita embarcação;
determinar uma localização geodésica de um ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones em uma extremidade dianteira dos ditos cabos sensores dotados de hidrofones;
10 determinar uma direção de referência; e
desviar de forma lateral pelo menos um cabo sensor dotado de hidrofones incluído no dito conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones em resposta à localização geodésica determinada do dito ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones e a dita direção de referência
15 determinada.
2. Método, de acordo com a reivindicação 1, que ainda compreende rebocar uma fonte geofísica atrás da dita embarcação e determinar uma localização geodésica de um ponto de referência de direção de fonte em uma extremidade dianteira do dito conjunto de cabos sensores dotados
20 de hidrofones, determinar uma posição lateral de fonte desejada com referência ao dito ponto de referência de direção de fonte e direcionar a dita fonte geofísica, de modo que a dita fonte geofísica segue a dita posição lateral de fonte desejada.
3. Método, de acordo com a reivindicação 2, em que o dito ponto
25 de referência de direção de fonte é igual ao ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones.
4. Método, de acordo com a reivindicação 1, que ainda compreende determinar uma localização geodésica de um ponto de referência de direção da embarcação em uma extremidade dianteira do dito conjunto de
30 cabos sensores dotados de hidrofones e direcionar a dita embarcação de pesquisa, de modo que o dito ponto de referência de direção da embarcação segue uma trajetória de movimento presselcionado.

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, em que o dito ponto de referência de direção de fonte é igual ao ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofonos.

5 6. Método, de acordo com a reivindicação 4, que ainda compre-
ende rebocar uma fonte geofísica atrás da dita embarcação e determinar
uma localização geodésica de um ponto de referência de direção de fonte
em uma extremidade dianteira do dito conjunto de cabos sensores dotados
de hidrofonos, determinar uma posição lateral de fonte desejada com refe-
rência ao dito ponto de referência de direção de fonte e direcionar a dita fon-
10 te geofísica, de modo que a dita fonte geofísica segue a dita posição lateral
de fonte desejada.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, em que o dito ponto
de referência de direção de fonte é igual ao ponto de referência da direção
do cabo dotado de hidrofonos.

15 8. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2,
3, 4, 5, 6 ou 7, em que o dito ponto de referência da direção do cabo dotado
de hidrofonos é a extremidade dianteira de um dos ditos cabos sensores
dotados de hidrofonos incluídos no dito conjunto de cabos sensores dotados
de hidrofonos.

20 9. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2,
3, 4, 5, 6 ou 7, em que o dito ponto de referência da direção do cabo dotado
de hidrofonos é a extremidade dianteira de um dos ditos cabos sensores
dotados de hidrofonos incluídos no dito conjunto de cabos sensores dotados
de hidrofonos e que ainda compreende determinar uma localização geodési-
25 ca de um segundo ponto de referência do cabo dotado de hidrofonos de uma
extremidade dianteira de um segundo dos ditos cabos sensores dotados de
hidrofonos incluídos no dito conjunto de cabos sensores dotados de hidrofo-
nes e que desvia de forma lateral o dito segundo cabo dotado de hidrofonos
em resposta à localização geodésica determinada do dito segundo ponto de
30 referência da direção do cabo dotado de hidrofonos e a dita direção de refe-
rência determinada.

10. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1,

2, 3, 4, 5, 6 ou 7, em que determinar a posição geodésica do dito ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofonos compreende determinar uma posição geodésica de uma extremidade dianteira de pelo menos dois cabos sensores dotados de hidrofonos incluídos no dito conjunto de cabos sensores dotados de hidrofonos e determinar o ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofonos com relação às ditas posições geodésicas determinadas.

11. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6 ou 7, em que determinar uma direção de referência compreende determinar de forma sucessiva a posição geodésica do dito ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofonos e determinar a direção de referência a partir das ditas determinações sucessivas da posição geodésica do dito ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofonos.

12. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6 ou 7, em que determinar uma direção de referência compreende determinar de forma sucessiva a posição geodésica do dito ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofonos e determinar a direção de referência a partir das ditas determinações sucessivas da posição geodésica do dito ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofonos e que ainda compreende filtrar o tempo da dita direção determinada de movimento.

13. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6 ou 7, em que determinar uma direção de referência compreende utilizar uma direção presselecionada.

14. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6 ou 7, em que determinar uma direção de referência compreende medir uma direção entre o dito ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofonos e uma localização selecionada na dita embarcação de reboque.

15. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6 ou 7, em que determinar uma direção de referência compreende medir uma direção entre o dito ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofonos e uma localização selecionada no dito equipamento de co-

leta de dados geofísicos.

16. Método para coletar os dados geofísicos, que compreende:
 rebocar o equipamento de coleta de dados geofísicos atrás de
 uma embarcação de pesquisa em um corpo de água, o dito equipamento
 5 que inclui um conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones que se estendem atrás da dita embarcação;

determinar uma localização geodésica de um ponto de referência de direção da embarcação em uma extremidade dianteira do dito conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones; e
 10 direcionar a dita embarcação de pesquisa, de modo que o dito ponto de referência de direção da embarcação segue uma trajetória de movimento presselacionado.

17. Método, de acordo com a reivindicação 16, que ainda compreende rebocar uma fonte geofísica atrás da dita embarcação e determinar
 15 uma localização geodésica de um ponto de referência de direção de fonte em uma extremidade dianteira do dito conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones, determinar uma posição lateral de fonte desejada com referência ao dito ponto de referência de direção de fonte e direcionar a dita fonte geofísica, de modo que a dita fonte geofísica segue a dita posição lateral
 20 de fonte desejada.

18. Método, de acordo com a reivindicação 17, em que o dito ponto de referência de direção de fonte é igual ao ponto de referência da direção da embarcação.

19. Método para coletar os dados geofísicos, que compreende:
 25 rebocar o equipamento de coleta de dados geofísicos atrás de uma embarcação de pesquisa em um corpo de água, o dito equipamento que inclui uma fonte geofísica e um conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones que se estendem atrás da dita embarcação;

determinar uma localização geodésica de um ponto de referência
 30 cia de direção de fonte em uma extremidade dianteira do dito conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones; e

determinar uma posição lateral de fonte desejada com referência

ao dito ponto de referência de direção de fonte; e

direcionar a dita fonte geofísica, de modo que a dita fonte geofísica segue a dita posição lateral de fonte desejada.

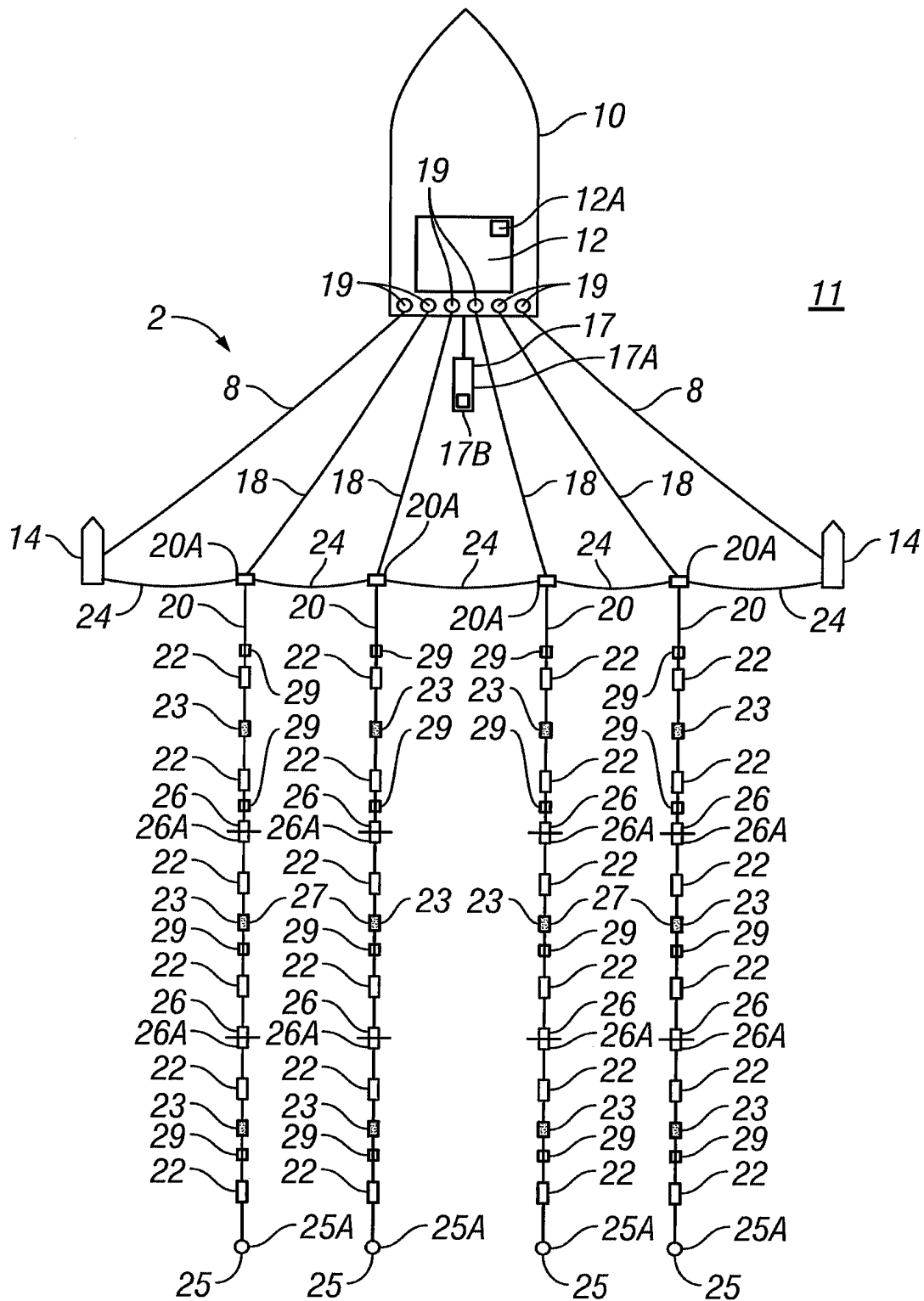
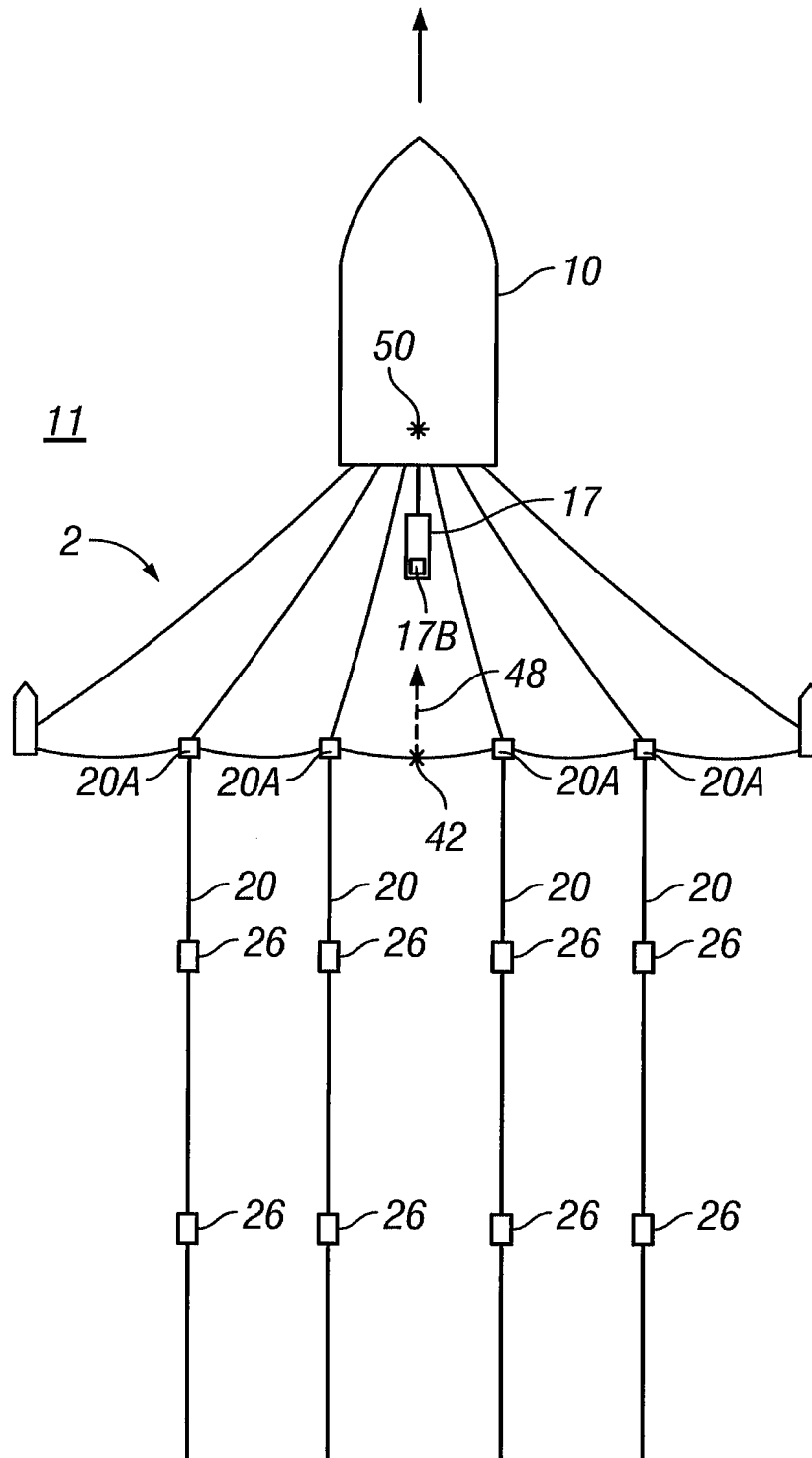


FIG. 1

**FIG. 2**

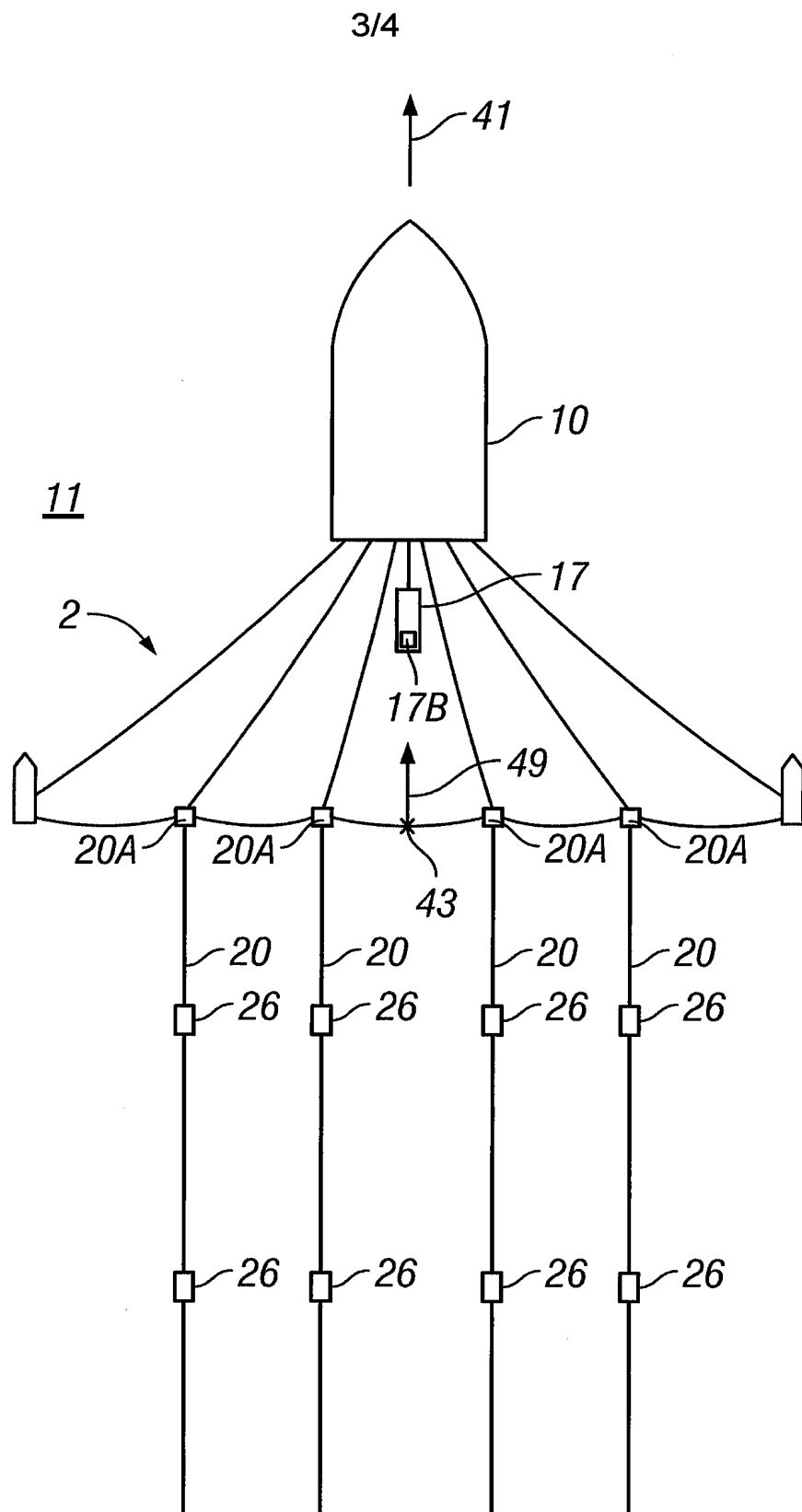


FIG. 3

4/4

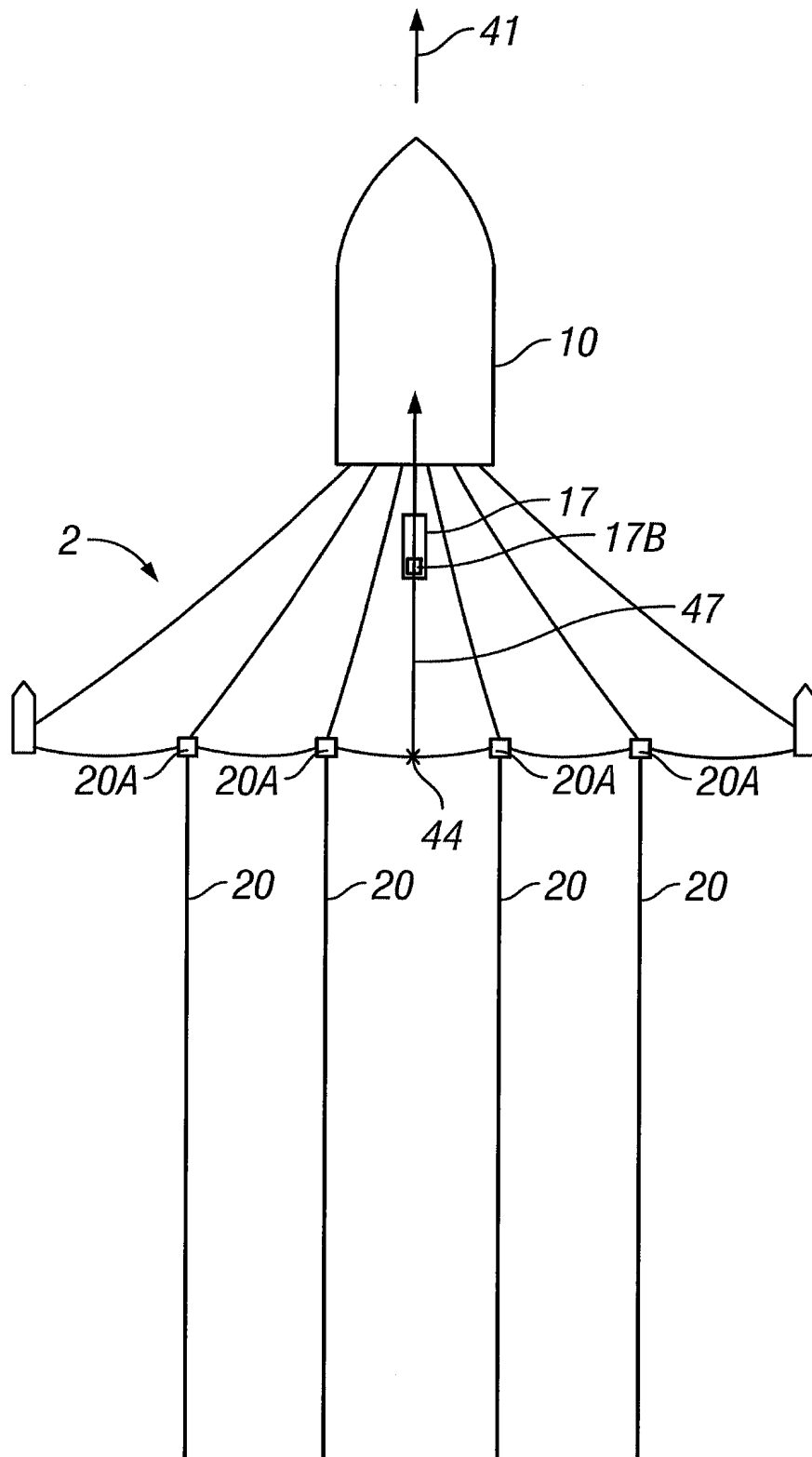


FIG. 4

RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODOS PARA COLETAR DADOS GEOFÍSICOS MARINHOS"**.

5 A presente invenção refere-se a um método para coletar os dados geofísicos, que inclui rebocar o equipamento de coleta de dados geofísicos atrás de uma embarcação de pesquisa em um corpo de água, o dito equipamento incluindo um conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones que se estendem atrás da dita embarcação e determinar uma localização geodésica de um ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones em uma extremidade dianteira dos cabos sensores dotados de hidrofones e uma direção de referência. Pelo menos um cabo sensor dotado de hidrofones incluído no dito conjunto de cabos sensores dotados de hidrofones é desviado de forma lateral em resposta à localização geodésica determinada do dito ponto de referência da direção do cabo dotado de hidrofones e a direção de referência determinada.

10

15