



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112015019552-0 B1



(22) Data do Depósito: 29/01/2014

(45) Data de Concessão: 23/11/2021

(54) Título: MÉTODO DE UTILIZAÇÃO DE SISTEMA ACÚSTICO EM FURO DE POÇO E SISTEMA ACÚSTICO PASSIVO

(51) Int.Cl.: E21B 47/14; E21B 47/16.

(30) Prioridade Unionista: 14/03/2013 US 13/803,049.

(73) Titular(es): BAKER HUGHES INCORPORATED.

(72) Inventor(es): ERIK N. LEE.

(86) Pedido PCT: PCT US2014013568 de 29/01/2014

(87) Publicação PCT: WO 2014/143425 de 18/09/2014

(85) Data do Início da Fase Nacional: 14/08/2015

(57) Resumo: RESSONADOR ACÚSTICO PASSIVO PARA TUBULAÇÃO DE CABO DE FIBRA ÓPTICA. A presente invenção refere-se a um sistema acústico passivo e a um método de utilização do sistema acústico passivo em um furo de poço subsuperficial. O método inclui a disposição do sistema acústico passivo no furo de poço, em que o sistema acústico passivo inclui pelo menos um ressonador acústico passivo, e o monitoramento de uma frequência de um sinal acústico em pelo menos um ressonador acústico passivo. O sistema acústico passivo inclui uma tubulação de proteção, um cabo de fibra óptica disposto dentro da tubulação de proteção, uma camada de fluido entre o cabo de fibra óptica e a tubulação de proteção, e pelo menos um ressonador acústico passivo, em que pelo menos o ressonador acústico passivo representa uma área dentro da tubulação de proteção que tem uma geometria conhecida, em que a camada de fluido afeta uma frequência de um sinal acústico obtido de pelo menos um ressonador acústico passivo.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para
**"MÉTODO DE UTILIZAÇÃO DE SISTEMA ACÚSTICO EM FURO DE
POÇO E SISTEMA ACÚSTICO PASSIVO".**

REFERÊNCIA CRUZADA A PEDIDOS DE PATENTE RELACIONADOS

[001] O presente pedido de patente reivindica o benefício do Pedido de Patente U.S. 13/803049, depositado em 14 de março de 2013, o qual é incorporado a título de referência no presente documento em sua totalidade.

ANTECEDENTES

[002] Na exploração e na produção de fundo de poço, uma variedade de sensores e dispositivos da medição pode ser disposta em vários poços para caracterizar aspectos do ambiente. Os sensores exemplificadores determinam os valores da temperatura, da pressão e da densidade. Alguns sensores podem ajudar a identificar e caracterizar formações. Entre os tipos de sensores, encontram-se os sensores acústicos. Tipicamente, um sinal acústico é emitido no fundo do poço, e o sinal refletido recebido é processado para obter as informações.

SUMÁRIO

[003] De acordo com um aspecto da invenção, um método de utilização de um sistema acústico passivo em um furo de poço subsuperficial inclui a disposição do sistema acústico passivo no furo de poço, em que o sistema acústico passivo inclui pelo menos um ressonador acústico passivo; e o monitoramento de uma frequência de um sinal acústico em pelo menos um ressonador acústico passivo.

[004] De acordo com um outro aspecto da invenção, um sistema acústico passivo disposto em um ambiente do fundo de poço inclui uma tubulação de proteção; um cabo de fibra óptica disposto dentro da tubulação de proteção; uma camada de fluido entre o cabo de fibra óptica e a tubulação de proteção; e pelo menos um ressonador acústico passivo, em que pelo menos um ressonador acústico passivo re-

presenta uma área dentro da tubulação de proteção que tem uma geometria conhecida, em que a camada de fluido afeta uma frequência de um sinal acústico obtido de pelo menos um ressonador acústico passivo.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[005] Com respeito agora aos desenhos, os mesmos elementos são numerados igualmente nas várias figuras:

[006] a FIGURA 1 é uma ilustração em seção transversal de um furo de poço 1 e de um ressonador acústico passivo 110 de acordo com uma modalidade da invenção;

[007] a FIGURA 2 é uma vista em seção transversal de um sistema acústico passivo de acordo com uma modalidade da invenção;

[008] a FIGURA 3 ilustra um sistema acústico passivo que inclui três ressonadores acústicos passivos de acordo com modalidades da invenção;

[009] a FIGURA 4 ilustra um sistema acústico passivo com um ressonador acústico passivo de acordo com modalidades da invenção; e

[0010] a FIGURA 5 é um fluxo de processo de um método de uso de um sistema acústico passivo de fundo de poço de acordo com modalidades da invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0011] Tal como observado, o processamento de um sinal acústico refletido é um de muitos métodos por meio dos quais a informação sobre o ambiente do fundo de poço pode ser obtida. As modalidades da invenção descritas no presente documento referem-se a um ressonador acústico passivo.

[0012] A FIGURA 1 é uma ilustração em seção transversal de um furo de poço 1 e de um sistema acústico passivo 110 de acordo com uma modalidade da invenção. O sistema acústico passivo 110 pode ser empregado em qualquer ambiente subsuperficial. Na modalidade

mostrada na FIGURA 1, um furo de poço 1 penetra no solo 3 que inclui uma formação 4. Na modalidade mostrada na FIGURA 1, um tubo de fluido de produção 120 encontra-se no furo de poço 1 com o sistema acústico passivo 110 preso à sua superfície externa. Outros sensores e dispositivos de medição 160 podem ser abaixados por uma coluna. A coluna pode ser uma coluna de revestimento, uma coluna de produção, uma linha de cabo blindada, uma linha de deslizamento, uma tubulação enrolada, ou uma coluna de trabalho. Nas modalidades (MWD) de medição enquanto dura a perfuração, a coluna pode ser uma coluna de perfuração. Além disso, a informação dos sensores e dos dispositivos de medição 160 pode ser enviada à superfície para ser processada pelo sistema de processamento de superfície 130 através de uma ligação de fibra ou telemetria. O sistema de processamento de superfície 130 (por exemplo, dispositivo de computação) inclui um ou mais processadores e um ou mais dispositivos de memória além de uma interface de entrada e um dispositivo de saída tal como, por exemplo, um monitor. Um sistema de detecção acústico distribuído 150 recebe, e pode processar, o sinal acústico do ressonador acústico passivo 111 (através do cabo de fibra óptica 117 contido dentro da linha de controle 112). O processamento do sinal acústico pode ser em conjunto com o sistema de processamento de superfície 130. O sensor acústico passivo 110 é detalhado ainda mais em referência à FIGURA 2 a seguir.

[0013] A FIGURA 2 é uma vista em seção transversal de um sistema acústico passivo 110 de acordo com uma modalidade da invenção. O sistema acústico passivo 110 inclui uma linha de controle 112 que circunda pelo menos um cabo de fibra óptica 117, com um fluido de distribuição 115 entre os mesmos. Um ou mais ressonadores acústicos passivos 111 (áreas de geometria conhecida) é disposto na linha de controle 112. Na modalidade mostrada na FIGURA 2, o invólucro

de emenda 210, em que a linha de controle 112 é unida, é uma caixa de metal com uma geometria interna conhecida tal que a geometria do ressonador acústico passivo 111 dentro do invólucro de emenda 210 é definida. Um ou mais de tais invólucros de emenda 210 com geometrias internas diferentes mas conhecidas podem estar presentes no furo de poço 1 (FIGURA 1). Em modalidades alternativas, a geometria interna da própria linha de controle 112 pode ser especificada ao invés de moldar o ressonador acústico passivo 111 em uma geometria conhecida dentro do invólucro de emenda 210. O fluido de distribuição 215 pode ser o ar, por exemplo, mas pode ser qualquer fluido que não reaja quimicamente com o cabo de fibra óptica 117. Há uma diferença de 26% na velocidade do som para o ar em a 70 graus Fahrenheit versus o ar a 390 graus Fahrenheit. Como um exemplo, para uma onda acústica ereta longitudinal, a frequência natural é definida como:

$$F = C/(4 * L) \quad [EQ.1]$$

[0014] onde F é a frequência natural em Hertz, C é a velocidade do som no ar, e L é o comprimento longitudinal do tubo. Quando o ressonador acústico passivo 111 é o testado no furo do poço, onde a temperatura é, por exemplo, 70 graus Fahrenheit, a frequência natural (F) difere em 26% da frequência natural do fundo do poço, onde a temperatura pode ser, por exemplo, 390 graus Fahrenheit. Essa diferença na frequência natural é atribuível à mudança na velocidade do som no ar entre as duas temperaturas.

[0015] Desse modo, quando o fluido de distribuição 115 for o ar, há uma ligeira alteração na frequência ressonante natural, uma vez que a instalação (o ressonador acústico passivo 111) se iguala termicamente com as condições do fundo do poço. De fato, ao calibrar a velocidade do som no ar (que é uma função da temperatura) em uma frequência ressonante natural ao usar uma fonte de temperatura conhecida, o ressonador acústico passivo 111 com o ar como fluido de

distribuição 115 pode ser usado para determinar a temperatura do ar no fundo do poço de acordo com algumas modalidades. Isto pode servir como uma calibração ou uma verificação independente para outros sensores de temperatura (por exemplo, entre os sensores 160) operando dentro do furo de poço 1 que estão empregando uma física diferente para quantificar a temperatura. Em modalidades alternativas, o sistema acústico passivo 110 pode servir como um sensor de temperatura autônomo independente da calibração de um outro sensor de temperatura. Quando o fluido de distribuição 115 (por exemplo, o ar) for diferente dos fluidos de furo do poço encontrados no fundo do poço (por exemplo, fluidos da formação), a frequência natural do ressonador acústico passivo 111 é distinta de uma frequência obtida do ressonador acústico passivo 111 que segue uma ruptura do furo de poço 1 por fluidos do furo do poço. Esta diferença facilita a detecção de ruptura ao usar o ressonador acústico passivo 111 tal como discutido a seguir. No entanto, tal como observado acima, a frequência ressonante natural do ressonador acústico passivo 111 também pode mudar se a temperatura do fluido de distribuição 115 (por exemplo, o ar) mudar. Desse modo, para distinguir uma mudança na frequência do ressonador acústico passivo 111 devida a um ingresso do fluido do fundo do poço de uma mudança na frequência devida a uma mudança de temperatura que conduz a uma mudança na densidade do fluido de distribuição 115, um sensor de temperatura (por exemplo, uma outra fibra óptica dentro da mesma tubulação de proteção 112 (linha de controle)) pode monitorar a temperatura do fluido de distribuição 115 em algumas modalidades. Quando fluidos de distribuição compressíveis 115 (por exemplo, o ar) são empregados, medições térmicas suplementares não são requeridas. Isso ocorre porque o deslocamento natural da frequência do ressonador acústico passivo para um fluido compressível, tal como o ar, devido a uma mudança térmica, é muito menor do que o deslocamento natural da

frequência para um fluido incompressível, tais como fluidos do fundo do poço. Por conseguinte, uma quantidade de deslocamento natural da frequência indica o ingresso de fluidos do fundo do poço.

[0016] O ressonador acústico passivo 111 é um sistema passivo estático. Isto é, o ressonador acústico passivo 111 não ressoa sem alguma forma de excitação (por exemplo, vibração, acústica). O fluxo de um fluido através do tubo de produção 120 produz um sinal de vibração de banda larga que serve como uma função de forçar para o ressonador acústico passivo 111 e produz desse modo energia acústica na frequência natural do ressonador acústico passivo 111. A fim de que o ressonador acústico passivo 111 produza energia acústica a partir de vibração, o modo acústico deve ser levemente umedecido e o objeto que contém o ressonador acústico passivo 111 (por exemplo, a linha de controle 112 do sistema acústico passivo 110 na FIGURA 1) deve ser bem acoplado à tubulação de produção 120. Isto é, o desenho do ressonador acústico passivo 111 pode ser tal que o umedecimento do modo acústico seja minimizado. Por exemplo, se um ressonador acústico passivo 111 for formado tal como uma configuração no modo longitudinal, um raio pode ser introduzido na extremidade de um ressonador acústico passivo 111 para diminuir o umedecimento do modo acústico. A frequência ressonante natural do ressonador acústico passivo 111 é definida pela geometria (conhecida) do ressonador e pelas propriedades do fluido. Quando o fluido é o fluido de distribuição 115, cujas propriedades físicas são conhecidas, uma frequência de ressonância inicial ou padrão é estabelecida. Quando essa frequência muda (há uma alteração na frequência natural do ressonador acústico passivo 111), tal como indicado pelo sinal acústico recebido na área de geometria conhecida, a mudança da frequência pode indicar uma mudança nas propriedades do fluido (porque a geometria não muda). Isto é, ao impedir uma mudança correspondente na temperatura do

fluido de distribuição 115 tal como discutido acima, a mudança na frequência obtida do ressonador acústico passivo 110 indica uma ruptura no furo de poço 1 e o ingresso de fluidos do fundo do poço (por exemplo, fluido de formação). Tal como observado acima, a magnitude da mudança na frequência acústica passiva do ressonador irá indicar se a alteração da frequência foi causada por uma mudança térmica no fluido de distribuição 115 ou se o fluido do fundo do poço entrou na linha de controle 112. Quando ocorre uma ruptura, o fluido do fundo do poço começa a encher o sistema, e comprime o fluido de distribuição 115 (por exemplo, o ar) e afasta o mesmo do local da ruptura. Nos locais em que o fluido de distribuição 115 é comprimido, a alta pressão causa um aumento na velocidade do som do fluido. Quando o fluido de distribuição 115 é o ar a 300 graus Fahrenheit, por exemplo, a diferença da velocidade do som é 4% quando a pressão aumenta de 14 libras por polegada quadrada absolutas (psia) para 1.000 psia. Desse modo, é possível detectar mudanças na pressão quando o sistema acústico passivo 110 é termicamente estável. Nos locais em que o fluido do fundo do poço é contido, a frequência ressonante acústica é distintamente diferente porque a diferença da velocidade do som entre o fluido de distribuição 115 e os fluidos densos do fundo do poço é significativa. O uso do ressonador acústico passivo 111 na identificação do fluido de rompimento é detalhado a seguir.

[0017] De modo geral, o ressonador acústico passivo 111 pode ser qualquer dispositivo com um modo acústico que é definido pela geometria do dispositivo e pelas propriedades do fluido. O material usado para criar o ressonador pode ser em geral duro e não poroso, porque os materiais porosos agem de modo geral como absorventes acústicos. Além disso, a parte do ressonador acústico passivo 111 que entra em contato com o fluido (por exemplo, o fluido de distribuição 115) pode ser lisa quando se espera que o fluxo laminar e subturbulento, ao

passo que a parte pode ser áspera para que as condições de fluxo turbulento reduzam o umedecimento ao deter o fluxo com a superfície áspera. Desse modo, o desenho final do ressonador acústico passivo 111 pode levar em consideração as condições de fluxo esperadas. Tal como indicado acima, o ressonador acústico passivo 111 pode ser qualquer dispositivo para o qual a frequência natural do modo acústico é regulada pela geometria e propriedades do fluido. Devido ao fato que a geometria é predefinida ou conhecida, uma vez que a frequência é medida, as propriedades do fluido podem então ser determinadas. As propriedades do fluido podem então ser usadas para estimar o tipo de fluido, bem como outras condições físicas. A estimativa requer outras informações, tais como a temperatura e a pressão, que estão de modo geral disponíveis nos outros sensores e dispositivos de medição 160 (FIGURA 1) dispostos no fundo do poço.

[0018] Além de indicar uma ruptura e facilitar a identificação do fluido de rompimento, o monitoramento da frequência do ressonador acústico passivo 111 também pode fornecer estimativas do ambiente de vibração do fundo do poço. O ressonador acústico passivo 111 pode ser calibrado ao usar um agitador eletrodinâmico antes da distribuição no fundo do poço, por exemplo. Através do processo de calibração, a energia acústica pode ser correlacionada com a energia da vibração de maneira tal que os sinais acústicos recebidos do ressonador acústico passivo 111 podem ser usados para estimar a vibração correspondente do fundo do poço. Uma resolução espacial melhorada pode ser obtida com a disposição de múltiplos ressonadores acústicos passivos 111 ajustados a frequências diferentes. Isso deve conferir uma melhor cobertura das largas de faixa de frequência de interesse. O monitoramento do ambiente da vibração no fundo do poço pode ser útil na manutenção das ferramentas e no desenho, por exemplo. Isto é, conhecer o ambiente de vibração do fundo do poço pode ajudar

no desenho das ferramentas que podem suportar esse ambiente por longos períodos de tempo (por exemplo, 10 anos). Além disso, uma mudança repentina e/ou relativamente grande na estimativa vibracional da energia pode ser usada para indicar uma falha de ferramenta ou mudança no poço.

[0019] A FIGURA 3 ilustra um sistema acústico passivo 110 que inclui três ressonadores acústicos passivos 111 de acordo com modalidades da invenção. Os ressonadores acústicos passivos 111 estão dentro de um sistema acústico passivo 110 que é unido a um tubo de fluido de produção 120 tal como na FIGURA 1. Quando mais de um ressonador acústico passivo 111 é usado no fundo do poço, e a geometria conhecida (a área do ressonador acústico passivo 111 em que a frequência é monitorada) de cada ressonador acústico passivo 111 encontra-se em uma profundidade diferente, então o local (profundidade) da ruptura também pode ser estimado. Por exemplo, a FIGURA 3 ilustra uma ruptura na linha de controle 112 entre dois ressonadores acústicos passivos 111b e 111c. Nesse caso exemplificador, o segundo ressonador acústico passivo 111b deve detectar a ruptura primeiramente (identificada por um deslocamento da frequência), uma vez que é o mais próximo à ruptura. Depois de algum tempo, proporcional a L_c/L_b , o terceiro ressonador acústico passivo 111c deve indicar uma mudança na frequência que indica que o fluido do fundo do poço ingressou nessa posição. Por último, o ressonador acústico passivo mais alto 111a de acordo com a modalidade exemplificadora da FIGURA 3 deve indicar um deslocamento da frequência que indica uma mudança no fluido dentro dessa região da linha de controle 112 da fibra óptica. Com base no sincronismo desses eventos detectados, a ruptura pode ser estimada como estando localizada entre os ressonadores acústicos passivos 111b e 111c. Além disso, o local mais provável pode ser estimado como estando mais perto do ressonador acústi-

co passivo 111b do que ao ressonador acústico passivo 111c.

[0020] A FIGURA 4 ilustra um sistema acústico passivo 110 com um ressonador acústico passivo 111 de acordo com modalidades da invenção. Um ou mais ressonadores acústicos passivos 110 podem ser usados para correlacionar a localização física do hardware do sistema de completação (por exemplo, válvula, compactador, outro componente de metal) com o comprimento do cabo de fibra óptica 117 requerido para atingir essa profundidade física. Isto é, quando um ressonador acústico passivo 111 é instalado em uma linha de controle 112 de fibra óptica e o ressonador acústico passivo 111 é colocalizado com um componente de completação física (por exemplo, a válvula 400 tal como na FIGURA 4), o comprimento total do cabo de fibra óptica 117 usado para atingir a profundidade da válvula 400 pode ser determinado. A FIGURA 4 mostra uma válvula 400 a uma determinada profundidade física 410 da válvula no furo de poço 1 com uma linha de controle 112 que encapsula o cabo de fibra óptica 117 unida ao tubo de fluido de produção 120. A FIGURA 4 ilustra o cabo de fibra óptica 420 requerido para seguir da superfície do poço ao sistema de detecção acústica distribuída 150 e o comprimento de fibra extra 430 que é contido dentro da linha de controle 112 (devido ao fato que o cabo de fibra óptica 117 não fica estirado dentro da linha de controle 112). Por exemplo, com uma profundidade da válvula física exemplificadora 410 de 100 metros, o comprimento da fibra 430 por 100 metros da linha de controle 112 incluindo o comprimento extra da fibra pode ser de 112 metros e do cabo de fibra óptica 420 da superfície pode ser de 200 metros. Desse modo, sob essas condições exemplificadoras, o ressonador acústico passivo 111 a uma profundidade física de 100 metros deve estar a uma distância de 312 metros ($112 + 200$) afastado do sistema de detecção acústica distribuída 150. Desse modo, essa relação deve servir como uma calibração do comprimento do cabo de fibra óp-

tica 117 para a profundidade do poço e torna-se possível porque o ressonador acústico passivo 111 pode ser detectado ao longo do cabo de fibra óptica 117 a 312 metros.

[0021] A FIGURA 5 é um fluxo de processo de um método de uso de um sistema acústico passivo 110 de fundo de poço de acordo com modalidades da invenção. No bloco 500, o método inclui a disposição do sistema acústico passivo 110, incluindo um ou mais ressonadores acústicos passivos 111 de fundo de poço e a calibração da profundidade física dos ressonadores acústicos passivos 111 tal como discutido acima. O sistema acústico passivo 110 pode ser preso com correias à superfície de um tubo de fluido de produção 120 (FIGURA 1), por exemplo. Ao colocar um ressonador acústico passivo 111 com um componente de completação física a uma profundidade física conhecida, o comprimento do cabo de fibra óptica 117/140 entre o sistema de detecção acústica distribuída 150 e o ressonador acústico passivo 111 pode ser determinado. No bloco 510, o monitoramento da frequência de um sinal acústico, recebido de um ressonador acústico passivo 111, pode ser feito, por exemplo, ao usar um sistema de detecção acústico distribuída de fibra óptica (117/150, FIGURA 1). O bloco 520 inclui a temperatura ou a pressão de medição. Tal como discutido acima, ao monitorar a frequência do ressonador acústico passivo 111, a temperatura pode ser medida. Além disso, em um ambiente térmico estável, a pressão pode ser medida. Isso ocorre porque as mudanças da temperatura e da pressão afetam a velocidade do som que, por sua vez, afeta a frequência. No bloco 530, a correlação da frequência com a vibração no ambiente do fundo do poço inclui a calibração do ressonador acústico passivo 111 antes da distribuição no fundo do poço para determinar o nível de vibração que corresponde com a frequência. A calibração pode ser feita ao usar um agitador eletrodinâmico, por exemplo. No bloco 540, a identificação de uma ruptura que indica o

ingresso de fluido do fundo do poço na linha de controle 112 inclui a identificação de uma mudança na frequência do sinal acústico recebido do ressonador acústico passivo 111. Tal como discutido acima, a identificação de uma ruptura também pode incluir o monitoramento da temperatura do fluido de distribuição 115 para assegurar que a mudança de temperatura que resulta na mudança da densidade e uma mudança resultante na velocidade do som, ao invés de uma ruptura, não seja a responsável pela mudança da frequência. Com base no fato que fluido de distribuição 115 é compressível (por exemplo, o fluido de distribuição 115 é o ar), a alteração da frequência devida a um ingresso de fluido do fundo do poço deve ser suficientemente maior do que toda a alteração atribuível à mudança da temperatura de modo que o monitoramento da temperatura possa não ser necessário para identificar uma ruptura. Quando mais de um ressonador acústico passivo 111 é disposto, a identificação de um local da ruptura (bloco 550) é baseada no sincronismo em que cada um dos ressonadores acústicos passivos 111 experimenta uma mudança na frequência ressonante natural, tal como discutido acima. Quando uma ruptura tiver sido identificada, a determinação das propriedades do fluido (bloco 560) do fluido de ingresso inclui o uso da relação entre a frequência monitorada, a geometria (conhecida), e as propriedades do fluido, tal como discutido acima. No bloco 570, a determinação do tipo de fluido do fluido de ingresso é baseada nas propriedades do fluido e também pode requerer o conhecimento da temperatura e da pressão, tal como discutido acima.

[0022] Embora uma ou as mais modalidades tenham sido mostradas e descritas, modificações e substituições podem ser feitas nas mesmas sem desviar do caráter e do âmbito da invenção. Por conseguinte, deve ser compreendido que a presente invenção foi descrita a título de ilustração e não de limitação.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de utilização de um sistema acústico passivo (110) em um furo de poço subsuperficial, **caracterizado por** compreender:

a disposição do sistema acústico passivo no furo de poço, em que o sistema acústico passivo inclui pelo menos um ressonador acústico passivo (111);

o monitoramento de uma frequência de um sinal acústico no pelo menos um ressonador acústico passivo (111); e

a determinação das propriedades do fluido do fundo do poço, em que a determinação inclui a identificação de um ingresso do fluido do fundo do poço no sistema acústico passivo, com base na frequência do sinal acústico e uma geometria conhecida de pelo menos um ressonador acústico passivo (111).

2. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** o monitoramento da frequência é baseado em um sistema de detecção acústica distribuída de fibra ótica.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** também compreende a medição da temperatura com base na frequência.

4. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** também compreende a medição da pressão com base na frequência.

5. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** compreende adicionalmente a calibração de uma profundidade de pelo menos um ressonador acústico passivo (111) com base em um componente do sistema de completação disposto em uma profundidade conhecida no furo de poço.

6. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** compreende adicionalmente a correlação da fre

quência do sinal acústico com um nível de vibração.

7. Método de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado pelo fato de que** a correlação inclui a calibração do ressonador acústico passivo (111) para determinar um conjunto de níveis de vibração que correspondem com um conjunto de frequências antes de dispor o ressonador acústico passivo (111) no furo de poço.

8. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** compreende adicionalmente a disposição de um outro ressonador acústico passivo (111) e o monitoramento de outra frequência de um outro sinal acústico no outro ressonador acústico passivo (111), em que pelo menos um ressonador acústico passivo (111) encontra-se em uma primeira profundidade e o outro ressonador acústico passivo (111) encontra-se em uma segunda profundidade.

9. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** compreende adicionalmente a estimativa de uma profundidade de uma ruptura que causa o ingresso com base no monitoramento da frequência à primeira profundidade e da outra frequência à segunda profundidade.

10. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** compreende adicionalmente a determinação de um tipo de fluido do fundo do poço com base nas propriedades e na temperatura e na pressão no furo de poço determinadas por um ou mais sensores.

11. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** a disposição do sistema acústico passivo inclui a disposição de uma tubulação de proteção que circunda um cabo de fibra ótica (117) com um fluido de distribuição entre os mesmos, em que pelo menos um ressonador acústico passivo (111) representa uma área dentro da tubulação de proteção que tem uma geometria conhecida.

12. Método de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado pelo fato de que** compreende adicionalmente o monitoramento de uma temperatura do fluido de distribuição com base na frequência do sinal acústico.

13. Sistema acústico passivo (110) disposto em um ambiente de fundo de poço, **caracterizado por** compreender:

uma tubulação de proteção;

um cabo de fibra ótica (117) disposto dentro da tubulação de proteção;

uma camada de fluido entre o cabo de fibra ótica (117) e a tubulação de proteção; e

pelo menos um ressonador acústico passivo (111), em que pelo menos um ressonador acústico passivo (111) representa uma área dentro da tubulação de proteção que tem uma geometria conhecida, em que a camada de fluido afeta uma frequência de um sinal acústico obtido de pelo menos um ressonador acústico passivo (111) e pelo menos um do pelo menos um ressonador acústico passivo (111) é separado do cabo de fibra ótica (117) pela camada de fluido.

14. Sistema, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado pelo fato de que** o ressonador acústico passivo (111) fica dentro de um invólucro de emenda.

15. Sistema, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado pelo fato de que** a geometria é formada dentro da tubulação de proteção.

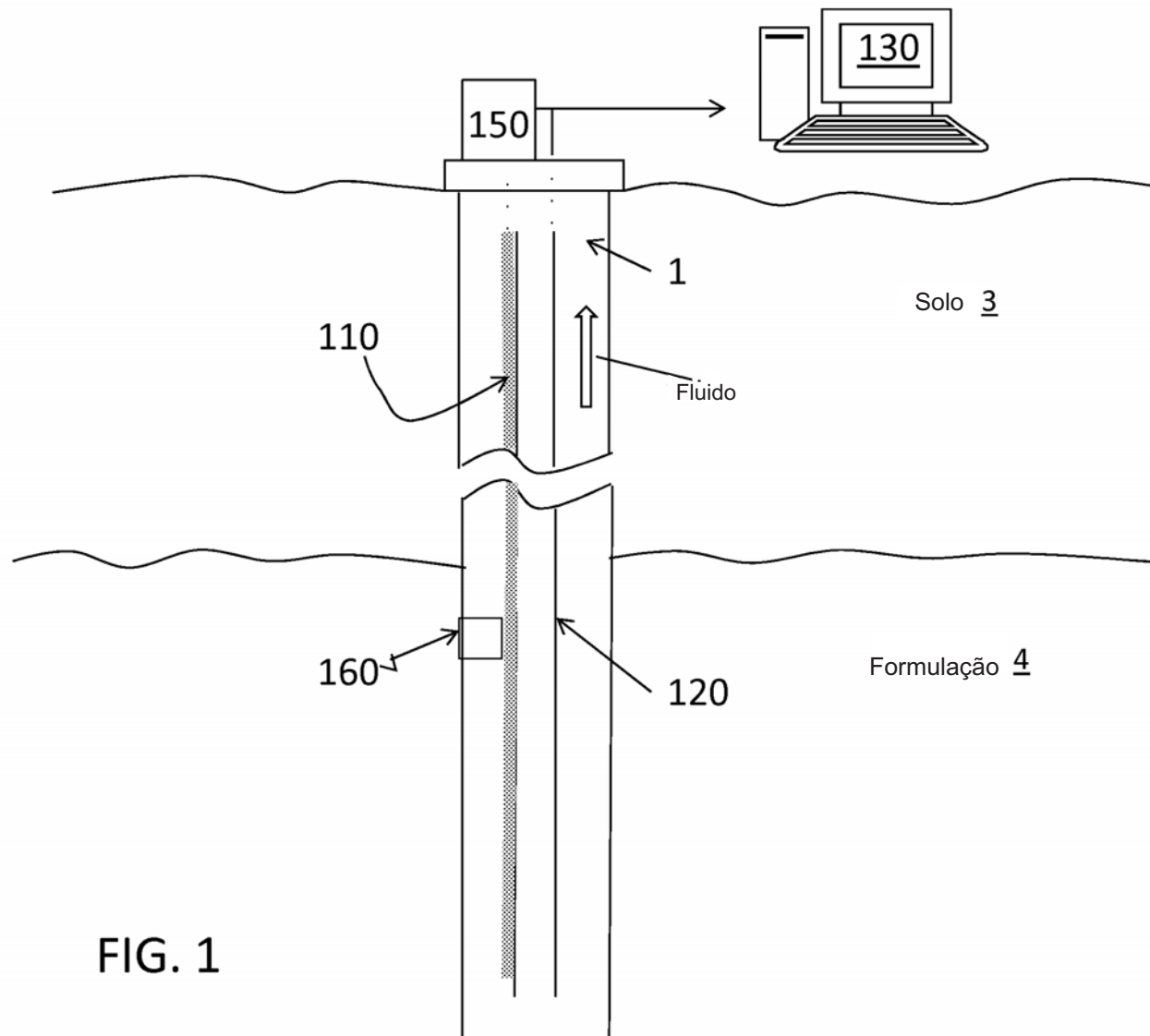


FIG. 1

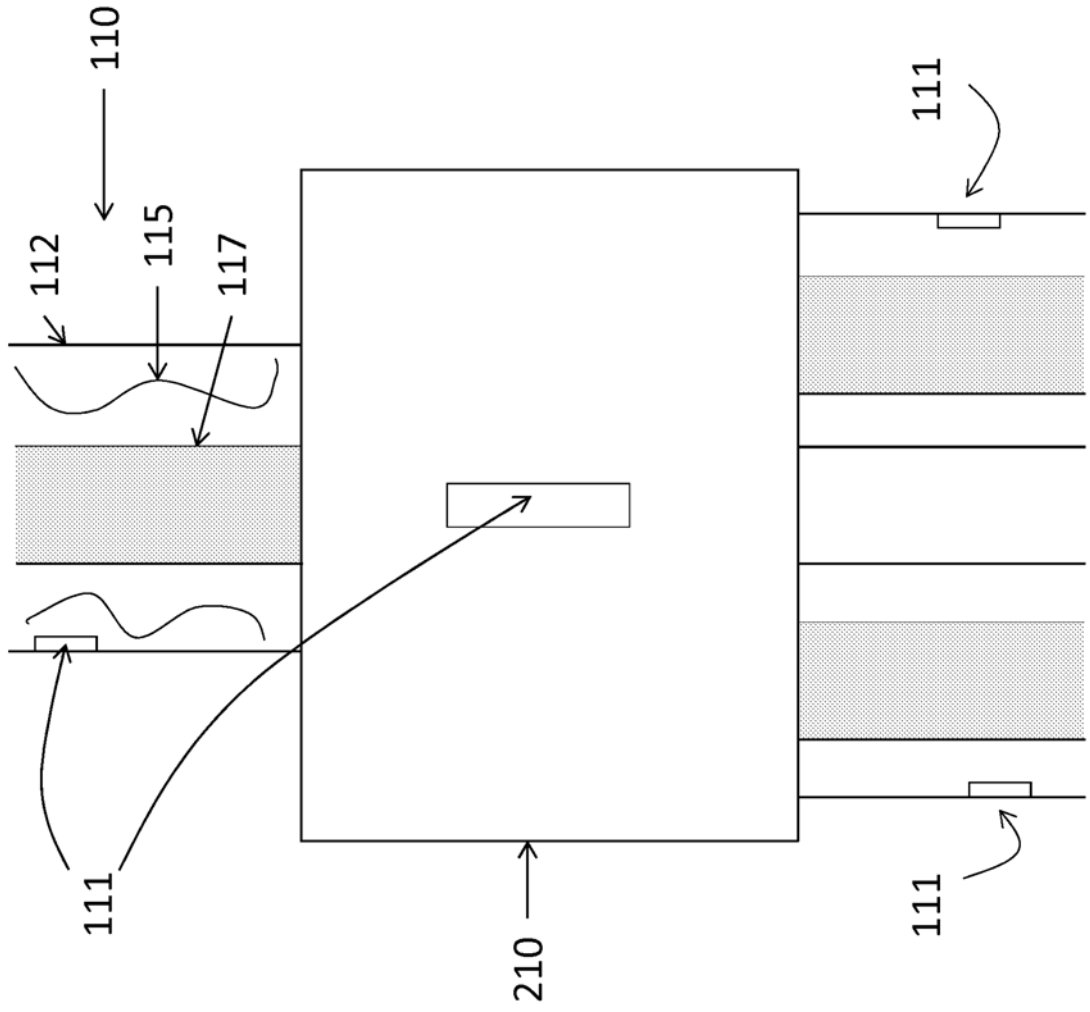


FIG. 2

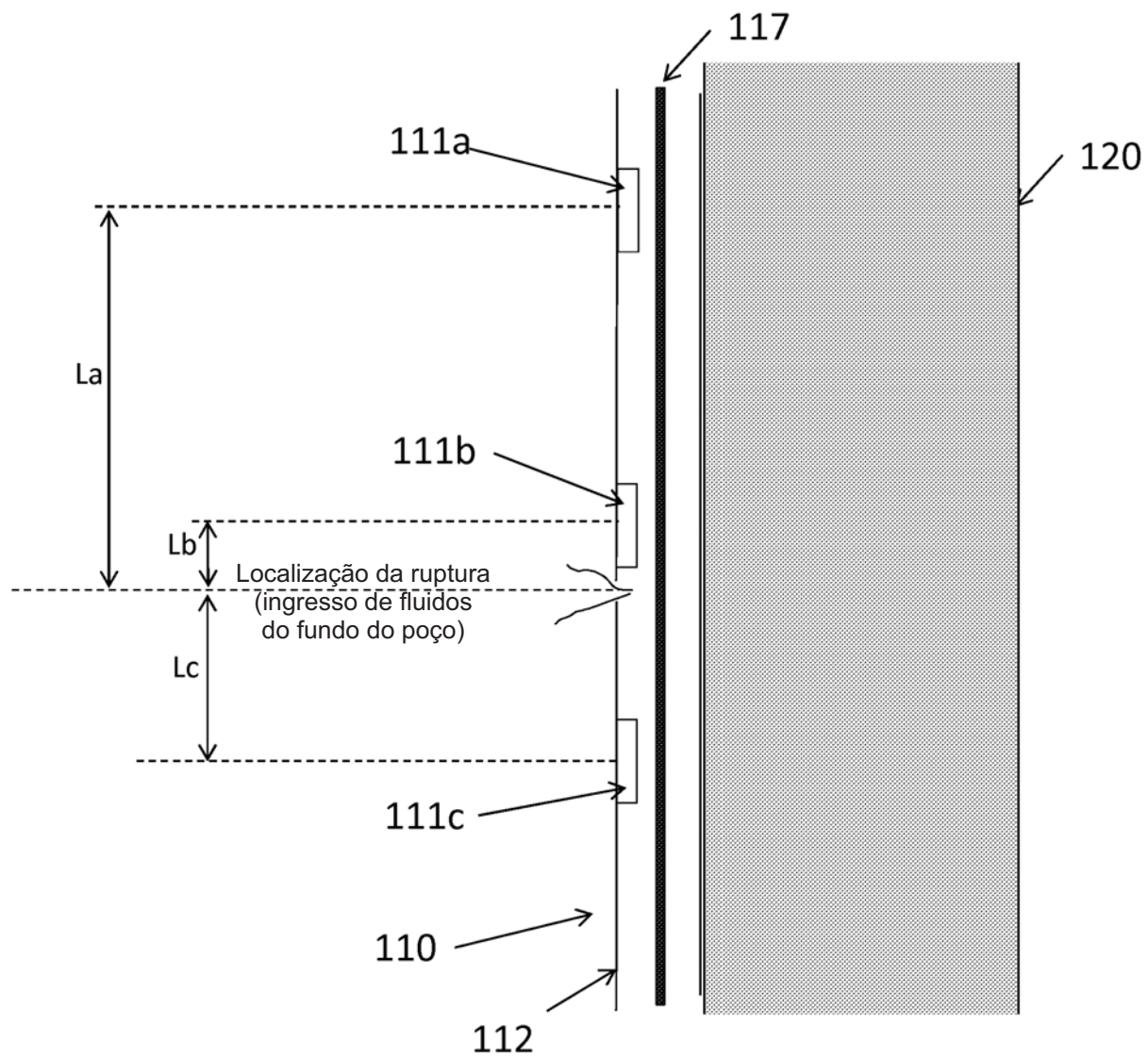
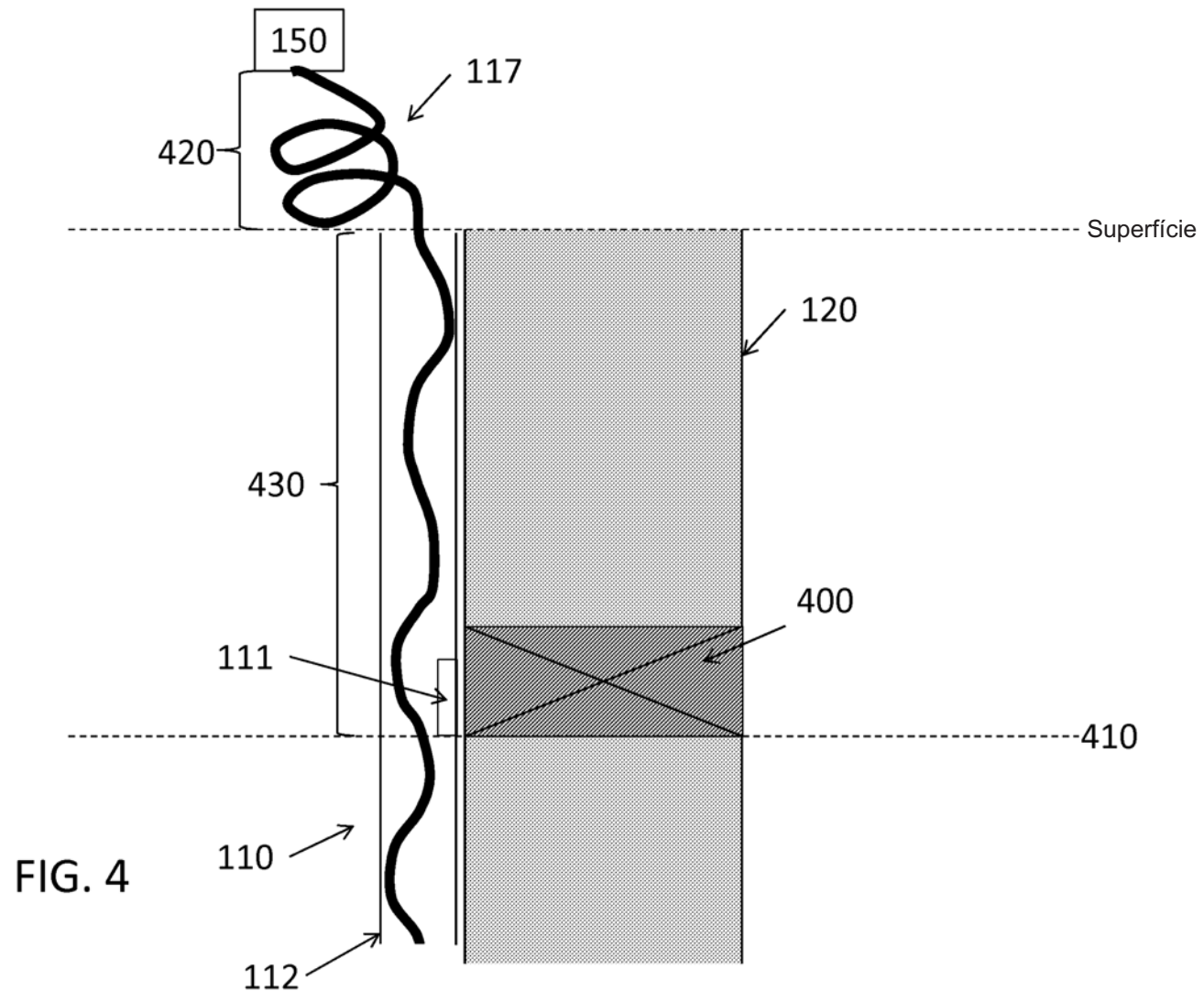


FIG. 3



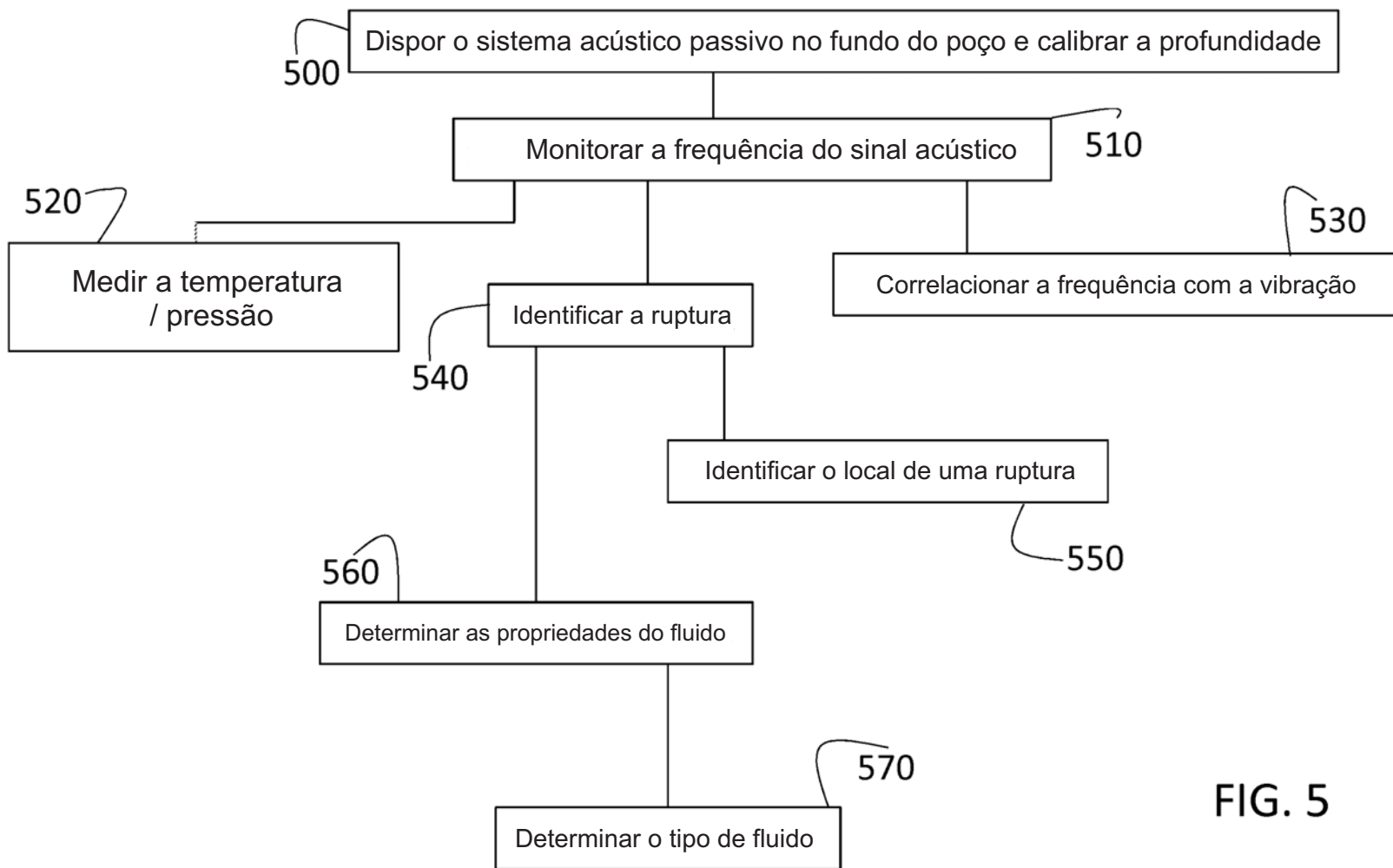


FIG. 5