



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

**(11) PI 0905439-1 B1**



**(22) Data do Depósito: 18/12/2009**

**(45) Data de Concessão: 29/01/2019**

**(54) Título:** DISPOSITIVO SUBMERSO EM ÁGUA PARA GERAR UMA FORÇA SOB A ÁGUA, MÉTODO PARA GERAR UMA FORÇA ATRAVÉS DO MOVIMENTO DE UM PISTÃO DENTRO DE UM INVÓLUCRO EXTERNO E DISPOSITIVO DE ATIVAÇÃO DE PREVENTOR DE EXPLOÇÃO

**(51) Int.Cl.:** E21B 33/035; E21B 33/06; E21B 33/064; F15B 1/02.

**(30) Prioridade Unionista:** 18/12/2008 US 12/338,652.

**(73) Titular(es):** HYDRIL USA MANUFACTURING LLC.

**(72) Inventor(es):** RYAN GUSTAFSON.

**(57) Resumo:** DISPOSITIVO E MÉTODO DE GERAÇÃO DE FORÇA SUBMARINA. Trata-se de um método e dispositivo submerso em água para gerar uma força sob a água. O dispositivo inclui um recipiente de baixa pressão (60) configurado para conter um volume de um primeiro fluido em um volume de baixa pressão, uma entrada (62d) conectada ao recipiente de baixa pressão (60) e configurada para trocar um segundo fluido com um invólucro externo (36), e uma válvula (62) conectada ao invólucro externo (36) e à entrada (62d) e configurada para separar uma fonte de pressão no invólucro externo (36) do recipiente de baixa pressão. Quando a válvula (62) for aberta, de modo que haja uma comunicação de fluxo entre o invólucro externo (36) e o recipiente de baixa pressão (60), causa um desequilíbrio de pressão no invólucro externo (36) que gera a força e o segundo fluido do invólucro externo (36) entra no recipiente de baixa pressão (60) e comprime o primeiro fluido.

**“DISPOSITIVO SUBMERSO EM ÁGUA PARA GERAR UMA FORÇA SOB A  
ÁGUA, MÉTODO PARA GERAR UMA FORÇA ATRAVÉS DO MOVIMENTO  
DE UM PISTÃO DENTRO DE UM INVÓLUCRO EXTERNO E DISPOSITIVO  
DE ATIVAÇÃO DE PREVENTOR DE EXPLOÇÃO”**

**CAMPO DA INVENÇÃO**

[001] As realizações da matéria ora revelada referem-se, genericamente, a métodos e sistemas e, mais particularmente, a mecanismos e técnicas de geração de uma força submarina.

**ANTECEDENTES DA INVENÇÃO**

[002] No decorrer dos últimos anos, com o aumento do preço de combustíveis fósseis, o interesse no desenvolvimento de novos campos de produção aumentou substancialmente. Entretanto, a disponibilidade de campos de produção baseados em terra é limitada. Assim, a indústria estendeu agora a perfuração a locais em alto mar, que parecem conter uma grande quantidade de combustível fóssil.

[003] As tecnologias existentes para extração do combustível fóssil de campos em alto mar utilizam um sistema 10 como mostrado na Figura 1. Mais especificamente, o sistema 10 inclui uma embarcação 12 que possui um carretel 14 que fornece cabos de energia/comunicação 16 a um controlador 18. Um carretel Mux pode ser usado para transmitir energia e comunicação. Alguns sistemas possuem enroladores de mangueira para transmitir fluido sob pressão ou um tubo resistente (conduto rígido) para transmitir o fluido sob pressão ou ambos. Outros sistemas podem possuir uma mangueira com comunicação ou linhas (piloto) para fornecer e operar funções debaixo da água. Entretanto, uma característica comum desses sistemas é sua profundidade de operação limitada. O controlador 18, que será discutido mais adiante nesse documento, fica disposto no fundo do mar, próximo ou no leito do mar 20. Nesse aspecto, observa-se que os

elementos mostrados na Figura 1 não são representados em escala e nenhuma dimensão deve ser deduzida a partir da Figura 1.

[004] A Figura 1 também mostra uma cabeça de poço 22 do poço submarino e uma tubulação de produção 24 que entra no poço submarino. No final da tubulação de produção 24 há uma sonda (não mostrada). Vários mecanismos, também não mostrados, são empregados para girar a tubulação de produção 24, e implicitamente a sonda, para estender o poço submarino.

[005] Entretanto, durante a operação de perfuração normal, podem ocorrer eventos inesperados que poderiam danificar o poço e/ou o equipamento usado para perfuração. Tal evento é o fluxo descontrolado de gás, petróleo ou outros fluidos do poço a partir de uma formação subterrânea dentro do poço. Tal evento é, às vezes, referido como “recuo” ou uma “explosão” e pode ocorrer quando a pressão de formação exceder a pressão aplicada a essa pela coluna de fluido de perfuração. Esse evento é imprevisível e se nenhuma medida for tirada para impedir isso, o poço e/ou o equipamento associado pode ser danificado.

[006] Outro evento que pode danificar o poço e/ou o equipamento associado é um ciclone ou um terremoto. Cada um desses fenômenos naturais pode danificar a integridade do poço e do equipamento associado. Por exemplo, devido aos fortes ventos produzidos por um ciclone na superfície do mar, a embarcação ou a plataforma que aciona o equipamento submarino começa a se desviar resultando no rompimento dos cabos de energia/comunicação ou outros elementos que conectam o poço à embarcação ou plataforma. Outros eventos que podem danificar a integridade do poço e/ou equipamento associado são possíveis conforme pode ser avaliado pelos técnicos no assunto.

[007] Assim, um preventor de explosão (BOP) deve ser instalado na parte superior do poço para vedar o mesmo no caso de um dos eventos

acima estar ameaçando a integridade do poço. O BOP é convencionalmente implementado como uma válvula para impedir a liberação de pressão tanto no espaço anular entre o revestimento e o tubo de perfuração ou no furo aberto (ou seja, furo sem tubo de perfuração) durante as operações de perfuração ou finalização. A Figura 1 mostra BOPs 26 ou 28 que são controlados pelo controlador 18, comumente conhecido como um POD. O controlador de preventor de explosão 18 controla um acumulador 30 para fechar ou abrir os BOPs 26 e 28. Mais especificamente, o controlador 18 controla um sistema de válvulas para abrir e fechar os BOPs. O fluido hidráulico, que é usado para abrir e fechar as válvulas, é comumente pressurizado pelo equipamento sobre a superfície. O fluido pressurizado é armazenado em acumuladores sobre a superfície e no fundo do mar para operar os BOPs. O fluido armazenado no fundo do mar em acumuladores também pode ser usado para autocisalhamento e/ou para funções de suporte quando o controle do poço for perdido. O acumulador 30 pode incluir contêineres (recipientes) que armazenam o fluido hidráulico sob pressão e fornecem a pressão necessária para abrir e fechar os BOPs. A pressão do acumulador 30 é transportada por meio de tubo ou mangueira 32 para os BOPs 26 e 28.

[008] Como entendido por um técnico no assunto, em perfuração em águas profundas, para superar as altas pressões hidrostáticas geradas pela água do mar na profundidade de operação dos BOPs, o acumulador 30 deve ser inicialmente carregado a uma pressão acima da pressão submarina ambiente. Acumuladores típicos são carregados com nitrogênio, porém, à medida que as pressões de pré-carga aumentam, a eficiência de nitrogênio diminui acrescentando custos adicionais e peso, pois mais acumuladores são exigidos no fundo do mar para realizar a mesma operação na superfície. Por exemplo, um acumulador de 60 litros (L) na superfície pode possuir um volume utilizável de 24 L na superfície, porém, a 3000 m de profundidade da água o

volume utilizável é menor que 4 L. Para mostrar que a pressão em águas profundas é dispendiosa, o equipamento para fornecer a alta pressão é volumoso, visto que o tamanho dos recipientes que fazem parte do acumulador 30 é grande, e a faixa de operação dos BOPs é limitada pela diferença de pressão inicial entre a pressão de carga e a pressão hidrostática na profundidade de operação.

[009] Nesse aspecto, a Figura 2 mostra o acumulador 30 conectado através da válvula 34 a um cilindro 36. O cilindro 36 pode incluir um pistão (não mostrado) que se move quando uma primeira pressão em um lado do pistão for maior que uma segunda pressão no outro lado do pistão. A primeira pressão pode ser a pressão hidrostática mais a pressão liberada pelo acumulador 30 enquanto a segunda pressão pode ser a pressão hidrostática. Portanto, o uso de recipientes apertados para armazenar fluidos de alta pressão para operar um BOP torna a operação da plataforma em alto mar dispendiosa e exige a manipulação de partes grandes.

[010] Ainda em relação à Figura 2, a válvula 34 pode ser fornecida entre o acumulador 30 e o cilindro 36 para controlar o tempo de aplicação da pressão suplementar do acumulador 30. A pressão suplementar pode ser gerada pelo acumulador 30, de acordo com uma realização exemplificativa, fornecendo, por exemplo, 16 garrafas de 300 L, sendo que cada uma transporta nitrogênio sob pressão. A Figura 3 mostra tal exemplo de uma garrafa 50. A Figura 3 mostra que uma garrafa 50 possui uma primeira câmara 52 que inclui nitrogênio sob pressão e uma segunda câmara 54, separada por uma bexiga ou pistão 56 da primeira câmara 52. A segunda câmara 54 é conectada ao tubo 32 e inclui fluido hidráulico. Quando o controlador 18 instrui o acumulador 30 a liberar sua pressão, cada garrafa 50 usa a pressão de nitrogênio para mover a bexiga 56 em direção ao tubo 32 de

modo que a pressão suplementar seja fornecida através do tubo 32 até o cilindro 36.

[011] Consequentemente pode ser desejado fornecer sistemas e métodos que evitam os problemas e desvantagens anteriormente descritos, ou seja, baixa eficiência, questões de segurança relacionadas às altas pressões de pré-carga de superfície, tamanho e peso avantajados do acumulador, etc.

#### **DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO**

[012] De acordo com uma realização exemplificativa, há um dispositivo submerso em água para gerar uma força sob a água. O dispositivo inclui um recipiente de baixa pressão configurado para conter um volume de um primeiro fluido em um volume de baixa pressão; uma entrada conectada ao recipiente de baixa pressão e configurada para trocar um segundo fluido com um invólucro externo; e uma válvula conectada ao invólucro externo e à entrada e configurada para separar uma fonte de pressão no invólucro externo do recipiente de baixa pressão. Quando a válvula for aberta, de modo que haja uma comunicação de fluxo entre o invólucro externo e o recipiente de baixa pressão, ocorre um desequilíbrio de pressão no invólucro externo que gera a força e o segundo fluido do invólucro externo entra no recipiente de baixa pressão e comprime o primeiro fluido.

[013] De acordo com outra realização exemplificativa, há um método de geração de uma força movendo um pistão dentro de um invólucro externo de um dispositivo submerso na água, sendo que o pistão divide o invólucro externo em uma câmara de fechamento e uma câmara de abertura e a câmara de abertura se comunica com um recipiente de baixa pressão através de um tubo dotado de uma válvula, sendo que a válvula separa uma fonte de pressão em uma câmara de abertura do recipiente de baixa pressão, e o recipiente de baixa pressão contendo um volume de um primeiro fluido. O método inclui aplicar uma primeira pressão às câmaras de fechamento e

abertura, onde a primeira pressão é gerada por um peso da água em uma determinada profundidade do dispositivo; aplicar uma segunda pressão ao primeiro fluido do recipiente de baixa pressão, sendo que a segunda pressão é menor que a primeira pressão; abrir a válvula entre a câmara de abertura e o recipiente de baixa pressão de modo que um segundo fluido da câmara de abertura se mova dentro do recipiente de baixa pressão e comprima o primeiro fluido; e gerar a força produzindo um desequilíbrio de pressão sobre o pistão.

[014] Ainda de acordo com outra realização exemplificativa, há um dispositivo de ativação de preventor de explosão. O dispositivo inclui um recipiente de baixa pressão configurado para conter um volume de um primeiro fluido em um volume de baixa pressão; uma entrada conectada ao recipiente de baixa pressão e configurada para trocar um segundo fluido com um invólucro externo; uma válvula conectada ao invólucro externo e à entrada e configurada para separar uma fonte de pressão no invólucro externo do recipiente de baixa pressão; e ao menos um preventor de gaveta inclusive conectado a um pistão do invólucro externo e configurado para receber a força e fechar gavetas para cisalhar um tubo entre as gavetas, e um preventor de explosão anular conectado a um pistão do invólucro externo e configurado para receber a força para vedar um furo de poço. Quando a válvula for aberta, de modo que haja uma comunicação de fluxo entre o invólucro externo e o recipiente de baixa pressão, ocorre um desequilíbrio de pressão no invólucro externo que gera a força e o segundo fluido do invólucro externo entra no recipiente de baixa pressão e comprime o primeiro fluido.

#### **BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS**

[015] Os desenhos em anexo, que estão incorporados e constituem uma parte do relatório descritivo, ilustram uma ou mais realizações e, juntamente com a descrição, explicam essas realizações. Nos desenhos:

A Figura 1 é um diagrama esquemático de uma plataforma de alto

mar convencional;

A Figura 2 é um diagrama esquemático de um dispositivo submerso na água para gerar uma força com base em um acumulador;

A Figura 3 é um diagrama esquemático de um recipiente para produzir pressão suplementar;

A Figura 4 é um diagrama esquemático de um dispositivo submerso na água para gerar uma força sem um acumulador de acordo com uma realização exemplificativa;

A Figura 5 é um gráfico que ilustra a dependência de uma pressão relativa a um volume de um fluido dentro do dispositivo submerso de acordo com uma realização exemplificativa;

A Figura 6 é um diagrama esquemático de um dispositivo submerso na água que ilustra várias pressões que atuam sobre o dispositivo;

A Figura 7 é um diagrama esquemático de um dispositivo submerso na água para gerar uma força com base em um acumulador de acordo com uma realização exemplificativa;

A Figura 8 é um gráfico que ilustra várias dependências de pressão com volume de acordo com as realizações exemplificativas;

A Figura 9 é um diagrama esquemático de um dispositivo submerso na água para gerar uma força de acordo com uma realização exemplificativa;

A Figura 10 é um diagrama esquemático de um dispositivo submerso na água para gerar uma força de acordo com outra realização exemplificativa;

As Figuras 11A e B são diagramas esquemáticos de uma válvula que conecta o BOP ao dispositivo submerso na água para gerar a força; e

A Figura 12 é um fluxograma que ilustra as etapas realizadas por um método para gerar uma força de acordo com uma realização exemplificativa.

#### **DESCRIÇÃO DE REALIZAÇÕES DA INVENÇÃO**

[016] A seguinte descrição das realizações exemplificativas se refere aos desenhos em anexo. As referências numéricas similares em desenhos diferentes identificam os elementos similares ou parecidos. A seguinte descrição detalhada não limita a invenção. De preferência, o escopo da invenção é definido pelas reivindicações em anexo. As realizações a seguir são discutidas, para simplicidade, em relação à terminologia e estrutura de sistemas BOP. Entretanto, as realizações que serão discutidas a seguir não são limitadas a esses sistemas, porém podem ser aplicadas a outros sistemas que exigem o fornecimento de força quando a pressão ambiente estiver alta como em um ambiente submarino.

[017] A referência ao longo do relatório descritivo a “uma realização” ou “qualquer realização” significa que um recurso, estrutura, ou característica particular descrito em conjunto com uma realização está incluído em ao menos uma realização do assunto descrito. Assim, o aspecto das frases “em uma realização” ou “em qualquer realização” em vários lugares ao longo do relatório descritivo não está se referindo necessariamente à mesma realização. Ademais, os recursos, estruturas ou características particulares podem ser combinados de qualquer maneira em uma ou mais realizações.

[018] Como discutido acima em relação à Figura 2, o acumulador 30 é volumoso devido à baixa eficiência de nitrogênio em altas pressões. Visto que os campos em alto mar ficam localizados cada vez mais profundos (no sentido de que a distância da superfície do mar até o leito do mar está se tornando cada vez maior), os acumuladores à base de

nitrogênio se tornam menos eficazes devido ao fato de que a diferença entre a pressão de carga inicial para a pressão hidrostática local diminui para uma determinada carga inicial de câmara 52, assim, exigindo que o tamanho dos acumuladores aumente (é necessário utilizar 16 garrafas de 320 L), e aumentando o preço para implementar e manter os acumuladores.

[019] De acordo com uma realização exemplificativa, uma nova disposição, como mostrado na Figura 4, pode ser usada para gerar a força F. A Figura 4 mostra um invólucro 36 que inclui um pistão 38 capaz de se mover dentro do invólucro 36. O pistão 38 divide o invólucro 36 em uma câmara 40, definida pelo cilindro 36 e o pistão 38. A câmara 40 é denominada câmara de fechamento. O invólucro 36 também inclui uma câmara de abertura 42 como mostrado na Figura 4.

[020] A pressão em ambas as câmaras 40 e 42 pode ser igual, ou seja, a pressão do mar (pressão ambiente). A pressão ambiente em ambas as câmaras 40 e 42 pode ser obtida permitindo que a água do mar entre livremente nessas câmaras. Assim, visto que não há diferença de pressão em cada lado do pistão 38, o pistão 38 está em repouso.

[021] Quando for necessário que uma força seja fornecida para ativar uma peça do equipamento, a haste 44 associada ao pistão 38 deve ser movida. Isso pode ser obtido gerando um desequilíbrio de pressão sobre dois lados do pistão 38.

[022] Embora a realização exemplificativa, que é mostrada na Figura 4, descreva como gerar a força submarina sem o uso dos acumuladores, entretanto, como será discutido posteriormente, de acordo com outra realização exemplificativa, os acumuladores ainda podem ser usados para fornecer a pressão suplementar. A Figura 4 mostra o invólucro 36 (que pode ser um cilindro) que inclui o pistão 38 e uma haste 44 conectada ao pistão 38. A câmara de abertura 42 pode ser conectada a um recipiente de

armazenamento de baixa pressão 60. Uma válvula 62 pode ser inserida entre a câmara de abertura 42 e o recipiente de baixa pressão 60 para controlar as pressões entre a câmara de abertura e o recipiente 60. O recipiente de baixa pressão 60 pode incluir um pistão 61 que é colocado no recipiente de baixa pressão 60 para deslizar dentro do recipiente de baixa pressão 60 de modo a dividir um fluido compressível, dentro do recipiente de baixa pressão 60, do invólucro 36. O recipiente de baixa pressão 60 pode incluir uma bexiga ou um elemento de vedação em vez do pistão 61. O fluido compressível (primeiro fluido) pode ser, por exemplo, ar.

[023] O recipiente de armazenamento de baixa pressão 60 pode possuir qualquer formato e pode ser feito de aço, ou qualquer material que seja capaz de suportar as pressões da água do mar. Entretanto, a pressão inicial dentro do recipiente de baixa pressão é de cerca de 1 atm ou menos para aprimorar a eficiência, quando o recipiente estiver no nível do mar. Após o recipiente ser reduzido para o leito do mar, a pressão dentro do recipiente pode se tornar maior, visto que o nível do mar exerce uma alta pressão sobre as paredes do recipiente, assim, comprimindo o gás para dentro. Outros fluidos, exceto ar, podem ser usados para preencher o recipiente de baixa pressão. Entretanto, a pressão dentro do recipiente 60 é menor do que a pressão ambiente  $P_{amb}$ , que é aproximadamente 350 atm a 4000 m de profundidade.

[024] Como mostrado na Figura 4, quando não houver a necessidade de fornecer a força, a pressão tanto nas câmaras de fechamento como de abertura é  $P_{amb}$ , enquanto a pressão dentro do recipiente 60 é aproximadamente  $P_r = 1$  atm. Quando uma força aplicada à haste 44 for exigida para a atuação de uma peça do equipamento na plataforma, a válvula 62 se abre de modo que a câmara de abertura 42 possa se comunicar com o recipiente de armazenamento de baixa pressão 60. As alterações de pressão a seguir ocorrem na câmara de fechamento 40, a câmara de abertura 42 e o

recipiente 60. A câmara de fechamento 40 permanece na pressão ambiente visto que mais água do mar entra através do tubo 64 na câmara de fechamento 40 à medida que o pistão 38 começa a se mover da esquerda para a direita na Figura 4. A pressão na câmara de abertura 42 diminui à medida que a baixa pressão  $P_r$  se torna disponível através da válvula 42, ou seja, a água do mar (segundo fluido, que pode ser incompressível) da câmara de abertura 42 se move até o recipiente 60 para equalizar as pressões entre a câmara de abertura 42 e o recipiente 60. Assim, um desequilíbrio de pressão é causado entre a câmara de fechamento 40 e a câmara de abertura 42 e esse desequilíbrio de pressão ativa o movimento do pistão 38.

[025] A Figura 5 mostra um gráfico da pressão versus volume da câmara de fechamento 40 e o recipiente 60. A pressão da câmara de fechamento 40 permanece substancialmente constante (veja curva A) enquanto o volume da câmara de fechamento 40 se expande de um pequeno volume inicial,  $V_1$ , para um volume final maior,  $V_2$ , enquanto a pressão no recipiente 60 aumenta ligeiramente de aproximadamente 1 atm devido ao líquido recebido da câmara de abertura 42, como mostrado pela curva B.

[026] Assim, de acordo com uma realização exemplificativa, uma grande força  $F$  é obtida sem utilizar nenhum recipiente carregado com nitrogênio em alta pressão. Portanto, o sistema mostrado na Figura 4 proporciona vantajosamente uma solução de custo reduzido para gerar uma força à medida que o recipiente de baixa pressão 60 é preenchido com, por exemplo, ar na superfície do nível do mar. Ademais, o dispositivo para gerar a força pode possuir um tamanho pequeno visto que o tamanho do recipiente de baixa pressão é menor comparado com os acumuladores existentes. Em uma realização exemplificativa, o recipiente de baixa pressão pode ser um contêiner de aço inoxidável que possui um volume de 250L. Outra vantagem do

dispositivo mostrado na Figura 4 é a possibilidade de retroajustar facilmente as plataformas de águas profundas existentes com tal dispositivo.

[027] De acordo com uma realização exemplificativa mostrada na Figura 6, um exemplo numérico é fornecido para avaliar a eficácia do recipiente de baixa pressão 60. O exemplo mostrado na Figura 6 não pretende limitar as realizações exemplificativas, porém apenas oferecer ao leitor um melhor entendimento da força gerada pelo recipiente de baixa pressão 60. A Figura 6 mostra o invólucro 36 que inclui o pistão 38 com as várias pressões atuando sobre esse. Mais especificamente, a pressão na câmara de fechamento 40 é  $P_{AMB}$ , a pressão na câmara de abertura é  $P_{ATM}$ , quando a câmara de abertura 42 se comunicar com o recipiente de baixa pressão 60, e a pressão que atua sobre a haste 44 for  $P_{MUD}$ , que é a pressão de coluna ou pressão de furo de poço dependendo da aplicação. A força líquida  $F_{NET}$ , que é calculada nesse exemplo, é constante ao longo de todo o curso do pistão. Isso é diferente dos dispositivos convencionais onde a força diminui à medida que o pistão no acumulador se move devido à pressão perdida à medida que o gás nitrogênio se expande. De preferência, uma pressão constante poderia garantir pressão/força suficientes para cortar o tubo de perfuração quando necessário.

[028] Supondo que  $P_{AMB}$  seja 31026,42 kPa (4.500 psi),  $P_{ATM}$  seja 99,97 kPa (14.5 psi),  $P_{MUD}$  seja 103421,4 kPa (15.000 psi),  $D_1$  seja 55,88 cm (22 in), e  $D_2$  seja 14,80 cm (5,825 in), a força líquida  $F_{NET}$  é determinada por:

$$F_{NET} = P_{AMB}(\pi/4)(D_1)^2 - P_{ATM}(\pi/4)[(D_1)^2 - (D_2)^2] - P_{MUD}(\pi/4)(D_2)^2 = 5777,57 \text{ kN (1.298.850 lbf)}$$

[029] Supondo que  $P_{ATM}$  seja 31026,42 kPa (4.500 psi), a força de abertura líquida  $F_{NET}$  é 1266,14 kN (-284.639 lbf). De acordo com uma realização exemplificativa, a pressão ambiente (alta pressão) pode estar entre 200 e 400 atm e a  $P_{ATM}$  (baixa pressão) pode estar entre 0,5 e 10 atm.

[030] De acordo com outra realização exemplificativa, o recipiente de baixa pressão 60 pode ser usado em conjunto com acumuladores à base de nitrogênio como mostrado na Figura 7. A câmara de fechamento 40 do invólucro 36 é conectada não só à água do mar através do tubo 64 como também ao acumulador 30 que é capaz de fornecer pressão suplementar. Quando apropriado, condições são obtidas, uma válvula 66 pode fechar o fornecimento de água do mar à câmara de fechamento 40 e a válvula 46 pode ser aberta para permitir que a pressão suplementar do acumulador 30 atinja a câmara de fechamento 40. De acordo com uma realização exemplificativa, o líquido hidráulico do acumulador 30 se mistura com a água do mar a partir da câmara de fechamento 40. De acordo com outra realização exemplificativa, outro pistão (não mostrado) separa o líquido hidráulico do acumulador 30 da água do mar dentro da câmara de fechamento 40. Opcionalmente, a válvula 66 se abre quando a pressão no acumulador 30 se torna menor do que um limite pré-ajustado. A variação de pressão como uma função de volume do acumulador 30 é ilustrada pelo formato de C na Figura 8. Assim, a pressão suplementar (curva C) diminui à medida que o pistão 38 se move, produzindo uma força suplementar decrescente sobre a haste 44. O perfil de curva C é determinado por uma equação apropriada de estado para o gás particular usado no acumulador 30, dependendo se a temperatura ou transferência de calor for considerada constante ou desprezível, ou seja, se a alteração de estado do gás for isotérmica ou adiabática, respectivamente.

[031] Entretanto, como um técnico no assunto conhece, o produto de pressão e volume de um gás ideal é proporcional à temperatura de gás, como ilustrado pela curva C na Figura 8. Assim, em um acumulador convencional, quando a pressão dos recipientes for liberada a um dispositivo específico, a pressão diminui à medida que o volume aumenta. Em contrapartida, a pressão na câmara de fechamento 40 não se altera

inversamente proporcional com o aumento de volume dessa câmara como mostrado pela curva A na Figura 5, ou seja, a pressão permanece substancialmente constante quando o volume da câmara de fechamento 40 aumenta.

[032] Entretanto, quando a pressão suplementar do acumulador 30 for combinada com a baixa pressão do recipiente de baixa pressão 60, a pressão exercida sobre o pistão 38 da câmara de fechamento 40 possui o perfil mostrado pela curva D na Figura 8, ou seja, uma alta pressão que diminui ligeiramente com o movimento do pistão 38. De acordo com uma realização exemplificativa, a pressão do acumulador 30,  $P_{AC}$ , pode ser liberada após o recipiente de armazenamento de baixa pressão 60 ser ativado, produzindo assim o perfil de pressão mostrado pela curva E na Figura 8. Observa-se que de acordo com esse perfil, a pressão na câmara de fechamento é  $P_{amb}$  após a válvula 62 ser aberta e aumentar para  $P_{amb} + P_{AC}$  quando a pressão suplementar do acumulador 30 se tornar disponível.

[033] O pico na pressão mostrado na Figura 8 no perfil E pode ser vantajoso, como discutido a seguir. Retornando para a Figura 1, o BOP é mostrado incluindo dois elementos 26 e 28. O elemento 28 pode ser um preventor de explosão anular enquanto o elemento 26 pode ser um preventor de gaveta. O preventor de explosão anular 28 é uma válvula, que pode ser instalada acima do preventor de gaveta 26 para vedar o espaço anular entre o tubo e o furo do poço ou, se nenhum tubo estiver presente, o próprio furo de poço. O preventor de explosão anular não corta (cisalha) as linhas ou tubos presentes no furo do poço, porém apenas veda o poço. Entretanto, se o preventor de explosão anular não conseguir vedar o furo do poço ou não for suficiente, o preventor de gaveta pode ser ativado.

[034] O preventor de gaveta usa gavetas para vedar a pressão em um furo que possui ou não um tubo. Se o furo incluir um tubo, o preventor

de gaveta precisa de força suficiente para cisalhar (cortar) o tubo e quaisquer cabos que podem estar próximos ou dentro do tubo de modo que o poço seja completamente fechado, para impedir a liberação de pressão para a atmosfera.

[035] Assim, os dispositivos de fornecimento de força discutidos nas realizações exemplificativas podem ser usados para fornecer a força necessária ao preventor de explosão anular, o preventor de gaveta, ambos, etc. Outras aplicações da força que fornecem realizações exemplificativas podem ser previstas por um técnico no assunto, como, por exemplo, aplicar a força a qualquer válvula submarina sobre o conjunto BOP ou árvores de produção.

[036] Várias válvulas e pilotos podem ser adicionados entre cada câmara e o recipiente de baixa pressão 60 e/ou acumulador 30 como será avaliado pelos técnicos no assunto. Dois diagramas exemplificativos que mostram a implementação do recipiente de baixa pressão 60 são mostrados nas Figuras 9 e 10. Entretanto, esses exemplos pretendem facilitar o entendimento do leitor e não limitar as realizações exemplificativas. A Figura 9 mostra o cilindro 36 conectado ao tubo 64 e o recipiente de baixa pressão 60 através da válvula 62. A válvula 62 é conectada a uma válvula de êmbolo 68 que é conectada a um acumulador piloto 70. O acumulador piloto 70 pode ser, por exemplo, um recipiente de 2,5 L. O acumulador piloto 70 pode ser conectado, através de um acoplador 72 a um piloto de válvula de autocisalhamento 74 e um piloto de ativação de autocisalhamento 76. Uma porta I é fornecida para conectar a linha 64 à água do mar e uma porta II é conectada ao acoplador 72 e a um piloto de desativação de autocisalhamento. Em outra realização exemplificativa mostrada na Figura 10, a válvula de êmbolo 68 é substituída por uma válvula que é conectada ao piloto de válvula 74.

[037] A válvula 62 é discutida em mais detalhes em relação às Figuras 11A e B. A Figura 11A mostra o invólucro 36 conectado ao recipiente de baixa pressão 60 através de uma válvula corrediça 67 e a válvula 62. A válvula corrediça 67 pode ser um tipo de inclinação de mola para impedir o ingresso de água do mar e manter a posição correta de passagem. A válvula 62 (que é produzida junto à Hydril, Houston, Texas, US) pode ser uma válvula trifásica de 2 posições que é carregada por mola para manter sua posição. Como mostrado na Figura 11A, a câmara de abertura 42 é conectada a uma porta de ventilação 62a na válvula 62 que é sempre aberta para a água do mar. Entretanto, a porta 62b da válvula 62, que é conectada ao recipiente de baixa pressão 60, é bloqueada para manter a pressão baixa no recipiente de baixa pressão 60. Quando atuado por um piloto externo (não mostrado), um carretel interno da válvula se move comprimindo a mola 62c, bloqueando a porta de ventilação 62a, e abrindo a câmara de abertura 42 para o recipiente de baixa pressão 60. Após a válvula 62 ser orientada pelo piloto externo como mostrado na Figura 11B, onde uma comunicação livre é permitida entre a câmara de abertura 42 e o recipiente de baixa pressão 60. O elemento 62e mostrado na Figura 11A bloqueia a porta de ventilação 62a na Figura 10B.

[038] De acordo com uma realização exemplificativa, ilustrada na Figura 12, há um método para gerar uma força movendo um pistão dentro de um invólucro externo de um dispositivo submerso em água, sendo que o pistão divide o invólucro externo em uma câmara de fechamento e uma câmara de abertura e a câmara de abertura se comunica com um recipiente de baixa pressão através de um tubo que possui uma válvula, sendo que a válvula separa uma fonte de pressão na câmara de abertura do recipiente de baixa pressão, e o recipiente de baixa pressão contendo um volume de um primeiro fluido. O método inclui uma etapa 1200 de aplicação

de uma primeira pressão às câmaras de fechamento e abertura, onde a primeira pressão é gerada por um peso da água em uma determinada profundidade do dispositivo, uma etapa 1210 de aplicação de uma segunda pressão ao primeiro fluido do recipiente de baixa pressão, sendo que a segunda pressão é menor que a primeira pressão, uma etapa 1220 de abertura da válvula entre a câmara de abertura e o recipiente de baixa pressão de modo que um segundo fluido da câmara de abertura se mova para dentro do recipiente de baixa pressão e comprima o primeiro fluido, e uma etapa 1230 de geração da força produzindo um desequilíbrio de pressão sobre o pistão.

[039] De acordo com uma realização exemplificativa, um ou mais sensores de pressão podem ser inseridos no recipiente de baixa pressão 60 para monitorar sua pressão. Quando o sensor de pressão determinar que a pressão dentro do recipiente 60 está longe de 1 atm, o operador da plataforma é informado desse fato de modo que o operador possa contar com outro gerador de força para fechar o preventor de gaveta no caso de uma emergência ou para substituir o recipiente 60. Alternativamente, o recipiente 60 pode ser proporcionado com um equipamento hidráulico (não mostrado) que inicia o bombeamento da água para fora do recipiente quando o sensor perceber que a pressão dentro do recipiente está acima de um determinado limite. Em outra realização exemplificativa, o equipamento hidráulico pode bombear a água para fora do recipiente 60 após a válvula 62 ser aberta e o preventor de gaveta ser fechado. Observa-se que após o recipiente 60 ser preenchido com água esse não pode ser usado para gerar a força, a menos que a baixa pressão seja restabelecida dentro do recipiente 60.

[040] De acordo com outra realização exemplificativa, mais de um recipiente 60 pode ser usado tanto de maneira simultânea como sequencial, ou uma combinação dessas. Ademais, ao menos um recipiente 60

pode ser conectado a um dispositivo que esvazia o recipiente 60 da água do mar após a válvula 62 ser aberta e a água do mar entrar no recipiente. Assim, de acordo com essa realização, o recipiente 60 pode ser reutilizado múltiplas vezes.

[041] De acordo com outra realização exemplificativa, a diferença de pressão entre (i) a pressão da água do mar a 2000 a 4000 m na câmara de fechamento e (ii) a pressão atmosférica dentro do recipiente 60 gera uma força adequada para fechar o preventor de gaveta. Entretanto, se o leito do mar for mais fundo que 4000 m do nível do mar, adaptadores (por exemplo, válvulas de redução de pressão) podem ser usados para reduzir a diferença de pressão de modo que o preventor de gaveta não seja danificado pela diferença de pressão excessiva. Em contrapartida, se o leito do mar estiver situado a menos de 2000 m da superfície do mar, a diferença de pressão pode não ser suficiente para criar força suficiente para fechar o preventor de gaveta. Assim, de acordo com uma realização exemplificativa, os acumuladores podem ser usados para suplementar a pressão hidrostática. Entretanto, mesmo que nenhum acumulador seja usado, a força pode ser gerada desde que haja uma diferença de pressão entre a câmara de abertura e o recipiente de armazenamento de baixa pressão.

[042] As realizações exemplificativas descritas fornecem um sistema e um método para gerar uma força no fundo do mar com um consumo reduzido de energia e em um baixo custo. Deve ser entendido que essa descrição não pretende limitar a invenção. Em contrapartida, as realizações exemplificativas pretendem abranger alternativas, modificações e equivalentes, que estão incluídas no espírito e escopo da invenção como definido pelas reivindicações em anexo. Ademais, na descrição detalhada das realizações exemplificativas, inúmeros detalhes específicos são apresentados para proporcionar um amplo entendimento da invenção reivindicada. Entretanto, um

técnico no assunto poderia entender que várias realizações podem ser praticadas sem tais detalhes específicos.

[043] Embora as características e elementos das presentes realizações exemplificativas sejam descritas nas realizações em combinações particulares, cada característica ou elemento pode ser usado separadamente ou em várias combinações com ou sem outras características e elementos descritos aqui.

[044] Essa descrição escrita usa exemplos para descrever a invenção, inclusive o melhor modo, e também para permitir que qualquer técnico no assunto pratique a invenção, inclusive criando e utilizando qualquer dispositivo ou sistema e realizando qualquer método incorporado. O escopo patenteável da invenção é definido pelas reivindicações, e pode incluir outros exemplos sugeridos pelos técnicos no assunto. Tais outros exemplos pretendem estar dentro do escopo das reivindicações e se esses possuírem elementos estruturais que não se diferem da linguagem literal das reivindicações, ou se esses incluírem elementos estruturais equivalentes com diferenças insubstanciais das linguagens literais das reivindicações.

### **REIVINDICAÇÕES**

1. DISPOSITIVO SUBMERSO EM ÁGUA PARA GERAR UMA FORÇA SOB A ÁGUA, sendo que o dispositivo compreende:

um recipiente de baixa pressão (60) configurado para conter um volume de um primeiro fluido em uma baixa pressão;

o dispositivo sendo caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

um invólucro externo (36) contendo um segundo fluido;

uma entrada (62d) conectada ao recipiente de baixa pressão (60) e configurada para trocar o segundo fluido com o invólucro externo (36); e

uma válvula conectada (62) ao invólucro externo (36) e à entrada (62d) e configurada para separar uma fonte de pressão no invólucro externo (36) do recipiente de baixa pressão (60),

que quando a válvula (62) for aberta, de modo que haja uma comunicação de fluxo entre o invólucro externo (36) e o recipiente de baixa pressão (60), ocorre um desequilíbrio de pressão no invólucro externo (36) que gera a força e o segundo fluido do invólucro externo (36) entra no recipiente de baixa pressão (60) e comprime o primeiro fluido.

2. DISPOSITIVO de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende, adicionalmente:

um pistão (61) posicionado no recipiente de baixa pressão (60) e configurado para deslizar dentro do recipiente de baixa pressão (60) para dividir o primeiro fluido do invólucro externo (36) de modo que o segundo fluido do invólucro externo (36) seja separado do primeiro fluido.

3. DISPOSITIVO de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 2, caracterizado pelo fato de que compreende, adicionalmente:

uma bexiga posicionada no recipiente de baixa pressão (60) e

configurada como uma barreira para dividir o recipiente de baixa pressão (60) do invólucro externo (36) de modo que o segundo fluido do invólucro externo (36) seja separado do primeiro fluido.

4. DISPOSITIVO de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que compreende, adicionalmente:

um elemento de metal de vedação posicionado no recipiente de baixa pressão (60) e configurado como uma barreira para dividir o recipiente de baixa pressão (60) do invólucro externo (36) de modo que o segundo fluido do invólucro externo (36) seja separado do primeiro fluido.

5. DISPOSITIVO de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que compreende, adicionalmente:

um preventor de gaveta (26) conectado a um pistão (38) posicionado no invólucro externo (36) e configurado para receber a força e fechar as gavetas para cisalhar um tubo entre as gavetas.

6. DISPOSITIVO de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que compreende, adicionalmente:

um preventor de explosão anular (28) conectado a um pistão (38) posicionado no invólucro externo (36) e configurado para receber a força de modo a vedar um furo de poço (24).

7. DISPOSITIVO de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que compreendendo, adicionalmente:

um acumulador (30) conectado a uma câmara de fechamento (40) do invólucro externo (36) e configurado para fornecer uma pressão suplementar à câmara de fechamento (40).

8. DISPOSITIVO de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que compreende, adicionalmente:

uma unidade de controle (74, 76) configurada para ativar a válvula (62) de modo que uma câmara de abertura (42) do invólucro externo (36) se comunique através de um fluxo com o recipiente de baixa pressão (60).

9. DISPOSITIVO de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que o invólucro (36) é um cilindro e o primeiro fluido é compressível.

10. MÉTODO PARA GERAR UMA FORÇA ATRAVÉS DO MOVIMENTO DE UM PISTÃO (38) DENTRO DE UM INVÓLUCRO EXTERNO (36) DE UM DISPOSITIVO SUBMERSO EM ÁGUA, sendo que o pistão (38) divide o invólucro externo (36) em uma câmara de fechamento (40) e uma câmara de abertura (42) e a câmara de abertura (42) se comunica com um recipiente de baixa pressão (60) através de um tubo que possui uma válvula (62), sendo que a válvula (62) separa uma fonte de pressão na câmara de abertura (42) do recipiente de baixa pressão (60), e o recipiente de baixa pressão (60) contém um volume de um primeiro fluido, sendo que o método é caracterizado pelo fato de que compreende:

aplicar uma primeira pressão às câmaras de fechamento (40) e abertura (42), onde a primeira pressão é gerada por um peso da água em uma determinada profundidade do dispositivo;

aplicar uma segunda pressão ao primeiro fluido do recipiente de baixa pressão (60), sendo que a segunda pressão é menor que a primeira pressão;

abrir a válvula (62) entre a câmara de abertura (42) e o recipiente de baixa pressão (60) de modo que um segundo fluido da câmara de abertura (42) se mova para dentro do recipiente de baixa pressão (60) e comprima o

primeiro fluido; e

gerar a força pela produção de um desequilíbrio de pressão sobre o pistão (38).

11. DISPOSITIVO DE ATIVAÇÃO DE PREVENTOR DE EXPLOÇÃO compreendendo:

um recipiente de baixa pressão (60) configurado para conter um volume de um primeiro fluido em uma baixa pressão;

o dispositivo sendo caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

um invólucro externo (36) contendo um segundo fluido;

uma entrada (62d) conectada ao recipiente de baixa pressão (60) e configurada para trocar um segundo fluido com um invólucro externo (36);

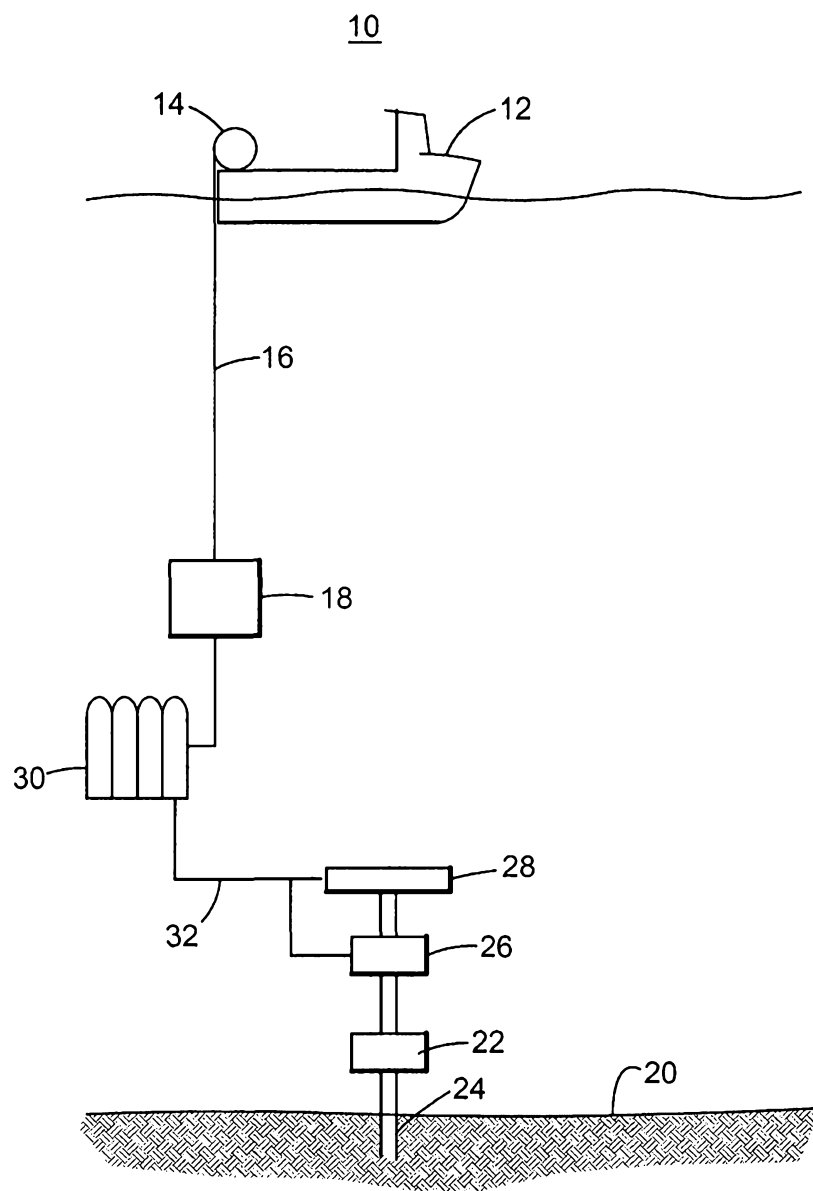
uma válvula (62) conectada ao invólucro externo (36) e à entrada (62d) e configurada para separar uma fonte de pressão no invólucro externo (36) do recipiente de baixa pressão; e

ao menos um entre

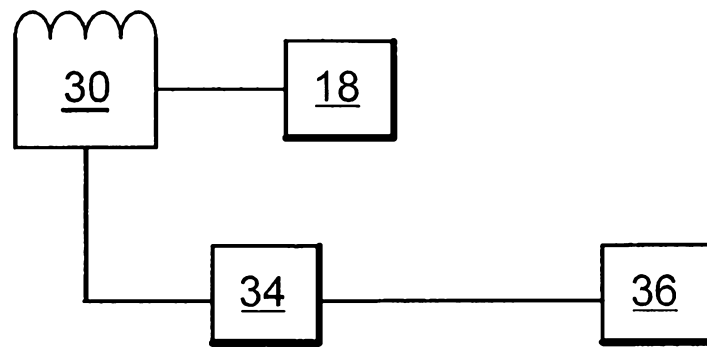
um preventor de gaveta (26) conectado a um pistão (38) do invólucro externo (36) e configurado para receber a força e fechar as gavetas para cisalhar um tubo entre as gavetas, ou

um preventor de explosão anular (28) conectado a um pistão (38) do invólucro externo (36) e configurado para receber a força de modo a vedar um furo de poço (24),

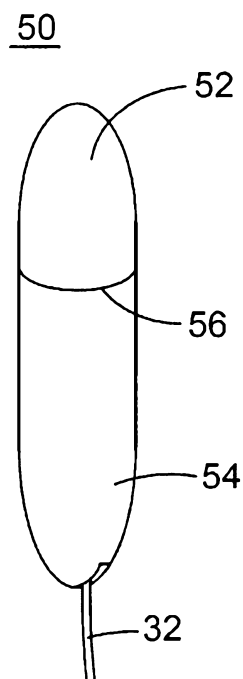
em que quando a válvula (62) for aberta, de modo que haja uma comunicação de fluxo entre o invólucro externo (36) e o recipiente de baixa pressão (60), ocorra um desequilíbrio de pressão no invólucro externo (36) que gera a força e o segundo fluido do invólucro externo (36) entra no recipiente de baixa pressão (60) e comprime o primeiro fluido.



**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**

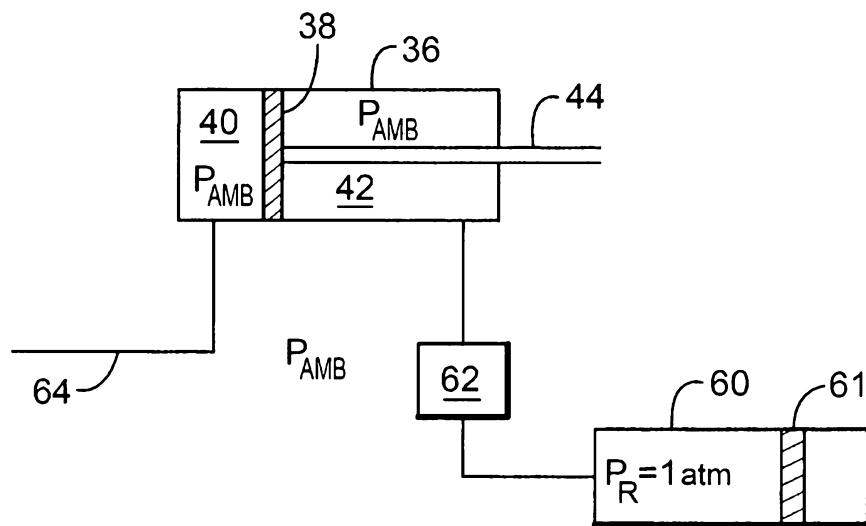
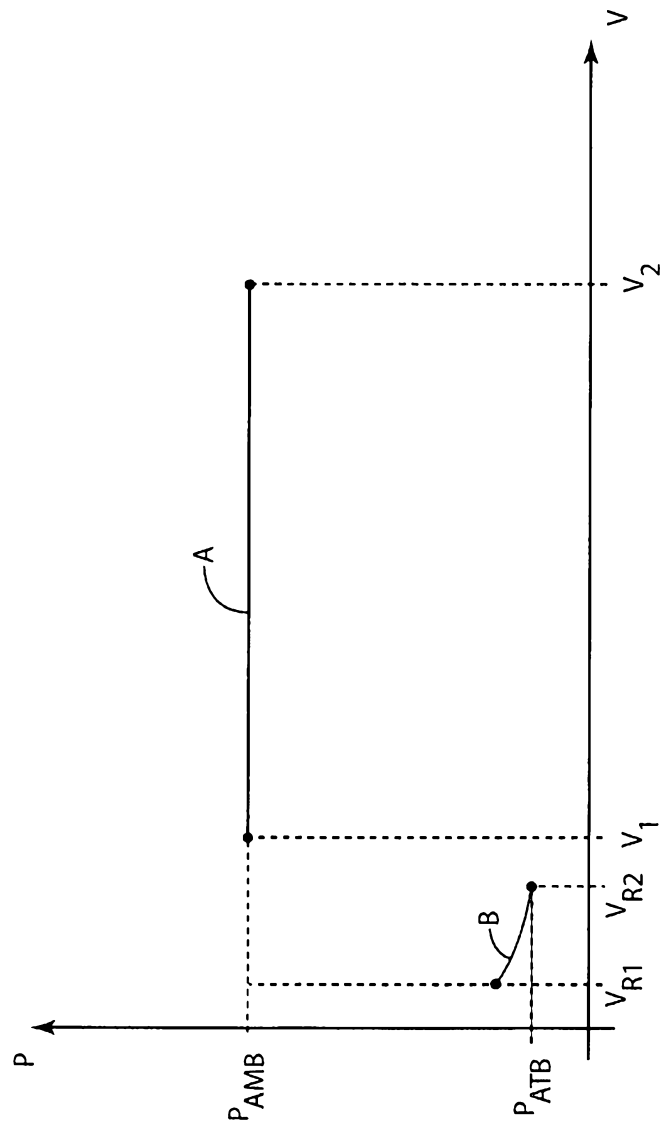
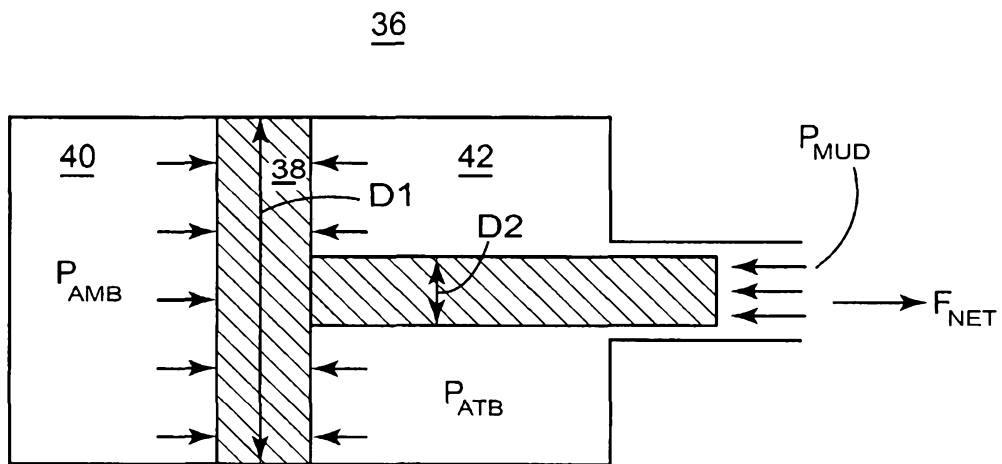
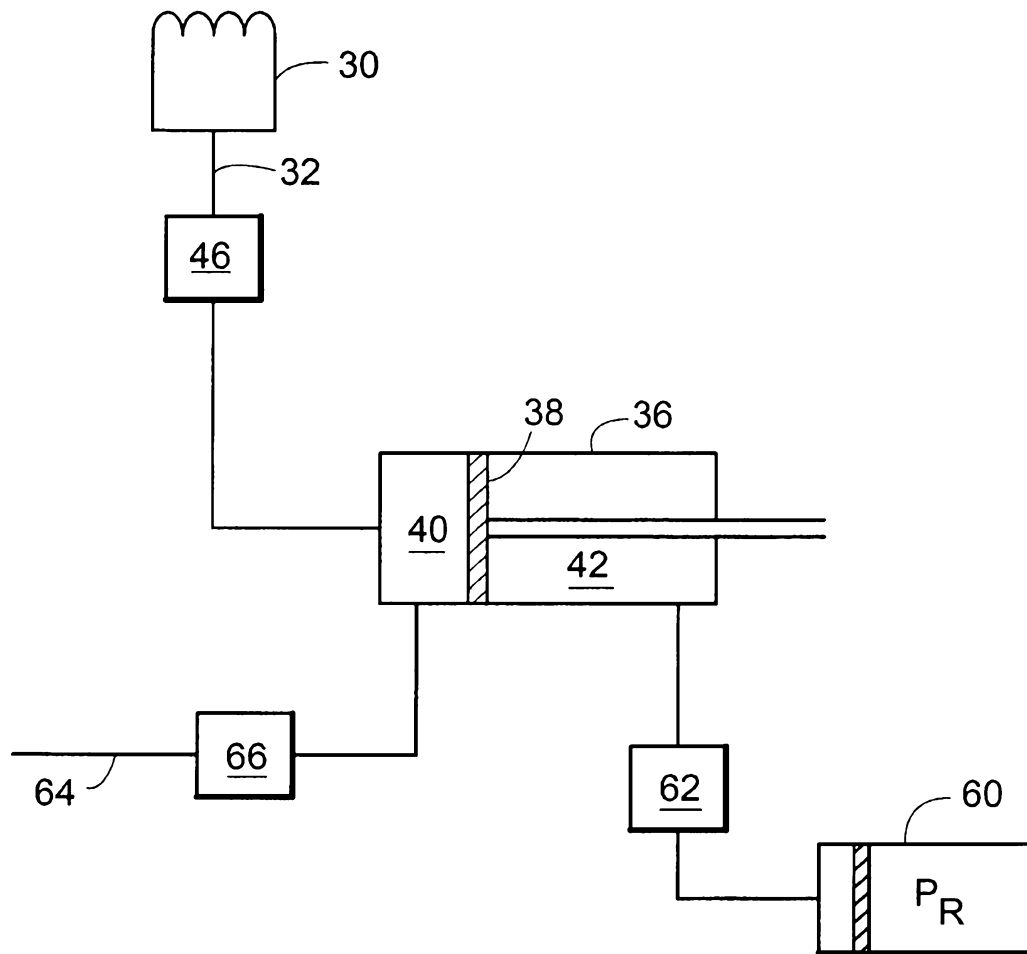
**Fig. 4**

Fig. 5



**Fig. 6**

**Fig. 7**

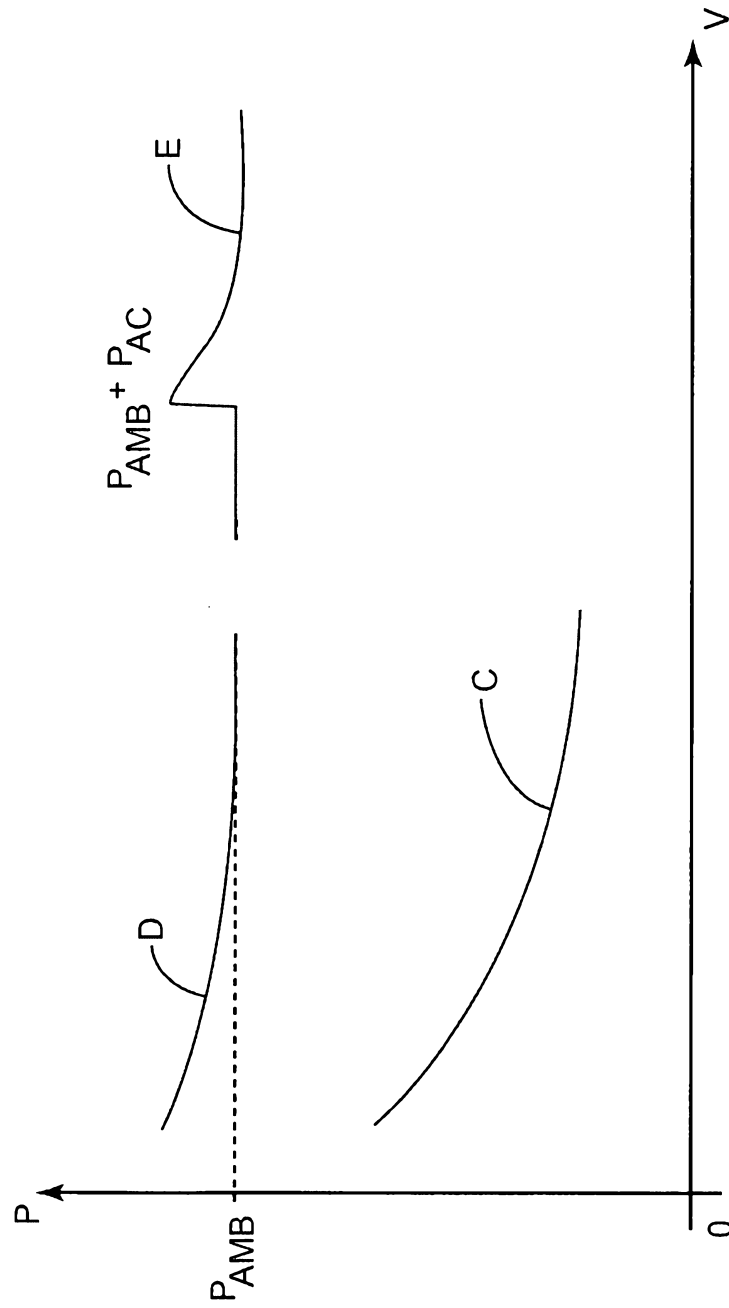
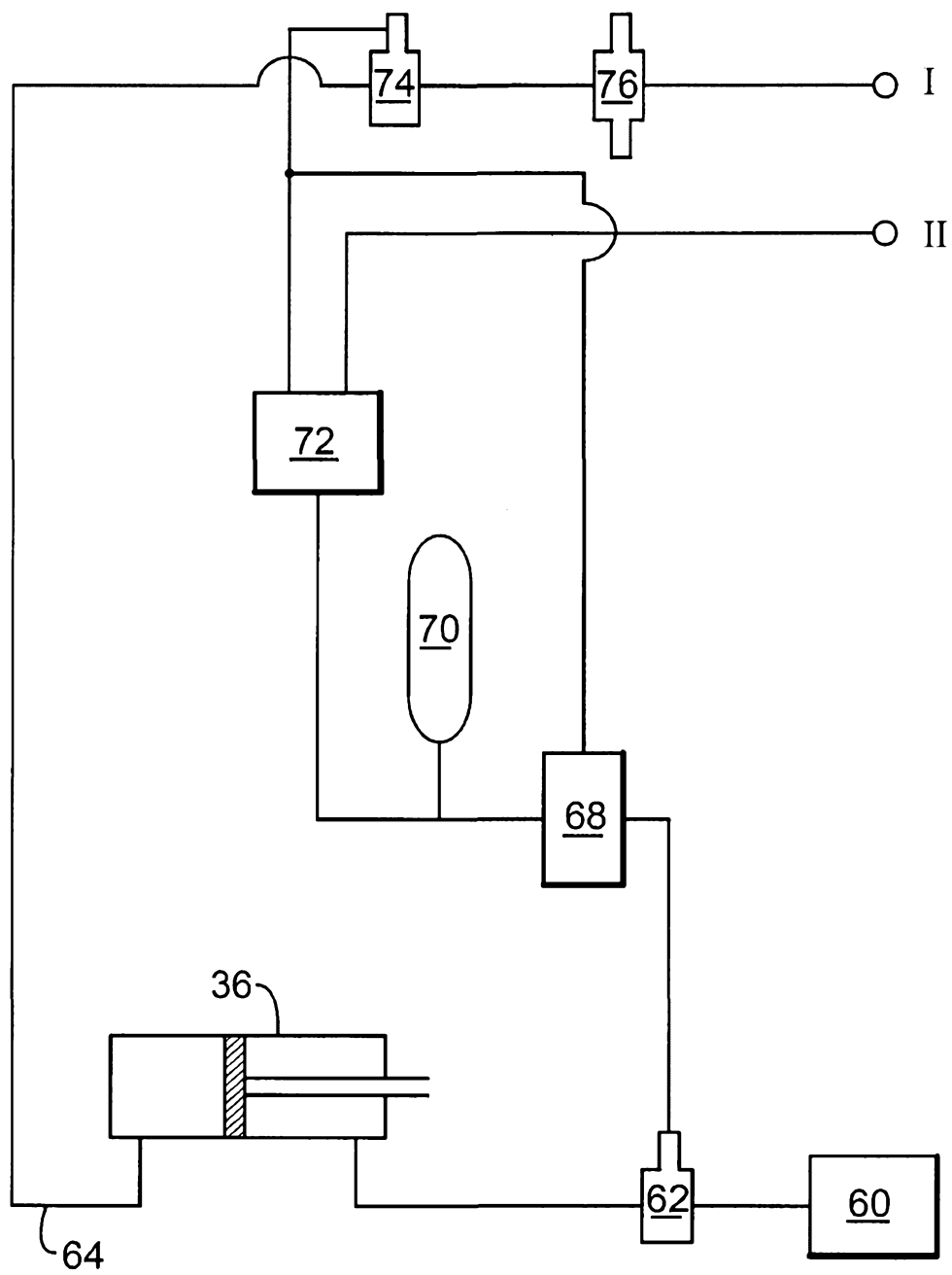
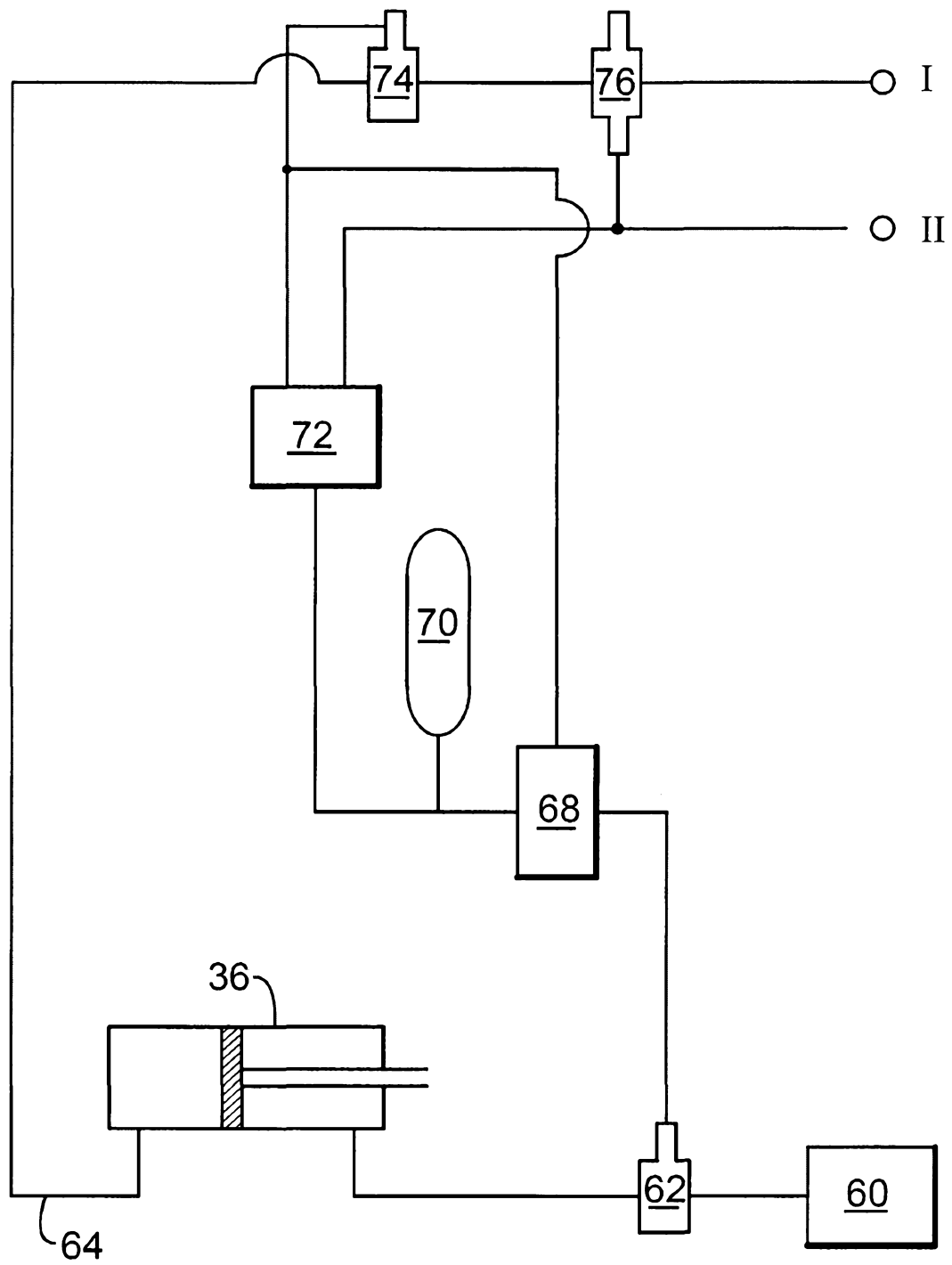
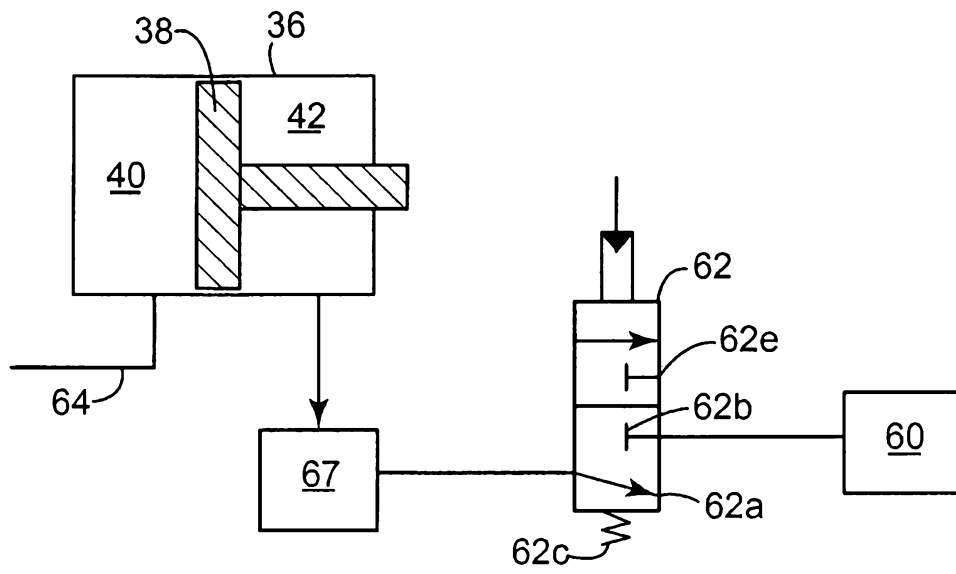


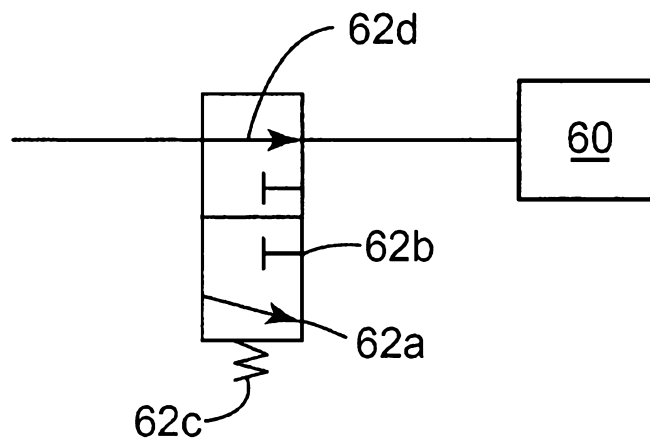
Fig. 8

**Fig. 9**

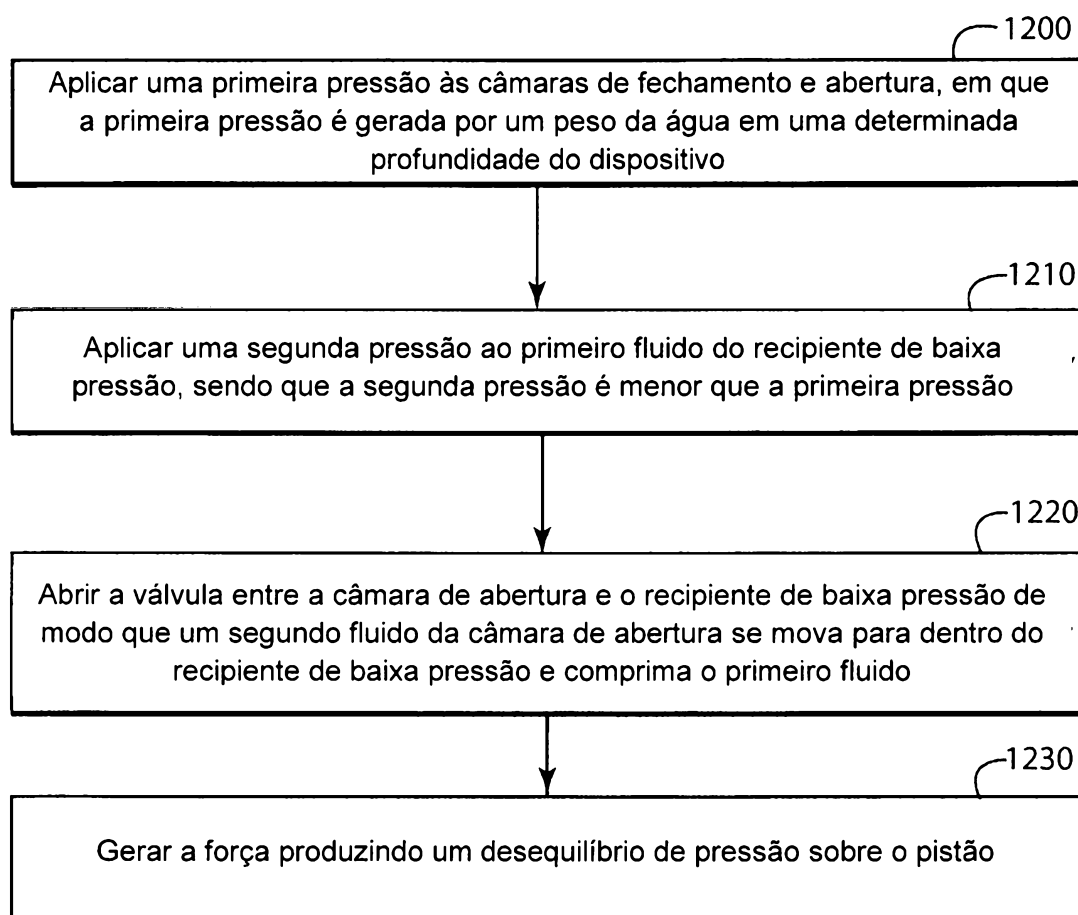
**Fig. 10**



**Fig. 11A**



**Fig. 11B**

**Fig. 11**