



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

(21) **PI 0714475-0 A2**



(22) Data de Depósito: 10/08/2007
(43) Data da Publicação: 24/04/2013
(RPI 2207)

(51) *Int.Cl.*:
F16L 59/14
F16L 59/153

(54) **Título:** TUBO, MANGUEIRA, TUBULAÇÃO, SISTEMA PARA TRANSPORTAR FLUIDOS E MÉTODO PARA TRANSPORTAR FLUIDOS CRIOGÊNICOS DEBAIXO D'ÁGUA

(30) **Prioridade Unionista:** 11/08/2006 GB 0616052.7

(73) **Titular(es):** BHP BILLITON INNOVATION PTY LTD.

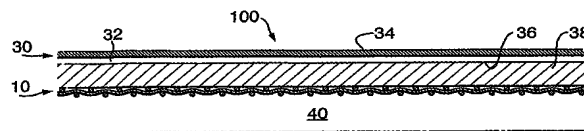
(72) **Inventor(es):** JOEL ARON WITZ

(74) **Procurador(es):** Paulo Sérgio Scatamburlo

(86) **Pedido Internacional:** PCT GB2007003058 de 10/08/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2008/017865de 14/02/2008

(57) **Resumo:** SISTEMA DE COMPUTADOR. Várias tecnologias para resfriar um sistema de computador são descritas. Um sistema de computador inclui uma cobertura tendo um número de orifícios de ventilação distribuídos através de diferentes porções da cobertura para prover diferentes trajetórias térmicas para transferir calor para ar circundando o sistema de computador. O sistema de computador é configurado para ser operável sob diferentes orientações. A cobertura é projetada tal que quando o sistema de computador estiver operando sob uma particular orientação, então pelo menos uma ou mais trajetórias térmicas sejam capazes de transferir calor para o ar circundando o sistema de computador, também, um processador e opcionalmente um chip residem dentro de uma região interior da cobertura. Um primeiro conjunto de resfriamento é acoplado termicamente ao processador para resfriar o processador. Opcionalmente, um segundo conjunto de resfriamento é acoplado termicamente ao chip para resfriar o chip.



"TUBO, MANGUEIRA, TUBULAÇÃO, SISTEMA PARA TRANSPORTAR FLUIDOS E MÉTODO PARA TRANSPORTAR FLUIDOS CRIOGÊNICOS DEBAIXO D'ÁGUA".

A presente invenção se relaciona a um tubo, em particular a um tubo adequado para uso em aplicações criogênicas. A invenção é especificamente voltada a uma tubulação marítima para uso sobre o leito do mar ou próximo deste. Há muitos sistemas para transportar fluidos a partir de uma estrutura offshore, tal como um navio ou plataforma, para uma tubulação submersa.

São dados os exemplos que se seguem.

1- Sistema de amarração multibóia convencional (CMBM), onde um riser segue diretamente da estrutura offshore para a tubulação, e as bóias de suporte são arranjadas em intervalos ao longo da extensão da mangueira.

2- Sistema de mono-amarração de torre única (STM), onde uma torre de ancoragem é afixada ao leito do mar e se estende em direção à superfície do mar. A torre de amarração suporta um riser que se estende da superfície do mar para a tubulação. Uma mangueira ou outro tubo pode se estender da estrutura offshore e ser conectada à extremidade da mangueira no topo da torre de amarração.

3- Sistema de amarração de perna de ancoragem simples (SALM), onde uma bóia é disposta próxima à estrutura offshore. A bóia é afixada a e suporta uma unidade de conexão localizada no leito do mar ou próxima deste. Um riser se estende da estrutura offshore para a unidade de conexão, e daí da unidade de conexão para a tubulação. Uma seção adicional do tubo segue da unidade de conexão para a tubulação.

4- Sistema de amarração com perna de ancoragem catenária (CALM), onde uma bóia fica próxima à estrutura offshore. Um riser segue da bóia para uma unidade de conexão submerso, localizada na superfície do mar ou próxima deste. Uma seção adicional do tubo segue da unidade de conexão para a tubulação. Uma mangueira, ou um outro tubo, se estende da estrutura offshore e

se conecta à extremidade da mangueira na bóia. Há várias configurações possíveis para o sistema CALM incluindo Sistemas "Seep S", Lazy S", e "Chinese Lantern".

5 Todos os sistemas descritos acima são bem conhecidos, e ademais também há outros sistemas possíveis que não serão descritos, tal como uma estrutura offshore intermediária. O aspecto essencial de todos os sistemas é o fato de se prover um riser para transportar fluidos de uma estrutura offshore, tal como uma plataforma, para uma
10 estrutura submersa, tal como uma tubulação. A configuração exata do riser e de sua estrutura suporte pode variar, dependendo da particular localização offshore. Dependendo dos detalhes particulares do sistema, o riser pode compreender quer seções aéreas,
15 flutuantes, ou submersas.

Tubulações geralmente são construídas por um dentre dois métodos. O primeiro método, que é o método mais comum quer para tubulações em terra e offshore, usa solda para unir seções de tubos metálicos. A tubulação metálica
20 pode ser revestida para proteção contra corrosão, e, freqüentemente emprega, em aplicações marítimas, um revestimento de concreto para prover lastro e proteção mecânica. Em algumas aplicações, é aplicado um revestimento mais grosso, tal como de poliuretano,
25 visando uma maior isolação. Um revestimento usualmente é aplicado depois de as uniões terem sido feitas. Em construções offshore, as junções são feitas quer em uma posição substancialmente horizontal - Método S Lay - ou quase na posição vertical - Método J Lay - este último
30 sendo o método preferido para águas profundas.

Alternativamente, o Método S Lay para unir seções curtas utiliza bobina, onde uma tubulação contínua é armazenada, provocando uma certa deformação plástica. Quando a tubulação sai da bobina, a mesma passa através de um
35 endireitador para corrigir a deformação plástica adquirida no bobina.

Em algumas aplicações, os requisitos de isolação

em termos de propriedades térmicas e capacidade de profundidade são tais, que foram desenvolvidos sistemas tubo-em-tubo (pipe-in-pipe), onde uma extensão relativamente curta de tubo é colocada em outro tubo, e ligadas formando uma tubulação contínua. O espaço anelar entre os tubos concêntricos sendo preenchido com um material isolante, ou mesmo deixado vazio.

Tubulações em terra relativamente curtas para aplicações criogênicas são relativamente comuns e sendo tipicamente feitas de aço inoxidável martensítico, que é adequado para uso com as temperaturas associadas a Nitrogênio líquido (cerca de -196°C) e gás natural liquefeito (cerca de -163°C). Um problema bem conhecido a respeito de aplicações de tubos criogênicas em terra é a contração térmica que ocorre à medida que a tubulação se resfria da temperatura ambiente para a temperatura do gás natural liquefeito. Para um aço inoxidável austenítico, isto equivale a uma contração de cerca de 2,8 mm/metro. Para controlar as tensões térmicas resultantes, são colocados loops de expansão em espaços regulares ao longo da tubulação. Um desenvolvimento mais recente da Osaka Gas e outros se refere ao uso de tubulações feitas de uma liga com 36% de Níquel e 64% de Ferro, que também é chamada INVAR (Marca Registrada). Esta liga, descoberta em 1896 por Charles-Edouard Guillaume, apresenta uma variação dimensional mínima com a variação de temperatura. Quando resfriada da temperatura ambiente para a temperatura do gás natural liquefeito, o INVAR só contrai 0,3 mm/metro, i.e. uma ordem de magnitude menor que do aço inoxidável austenítico, uma característica muito vantajosa, porque reduz substancialmente a necessidade do uso extensivo de loops de expansão.

Pelo fato de serem materiais metálicos, o aço inoxidável austenítico e o INVAR (RTM) não são bons isolantes, e, portanto, ou se busca uma isolação convencional, ou se permite a formação de uma camada de gelo, de modo a isolar a tubulação.

Até agora, não foi construída nenhuma tubulação marítima para aplicações criogênicas. Uma tubulação marítima para fluidos criogênicos enfrenta os problemas de isolação e expansão térmica, o que vem propiciando o desenvolvimento de soluções com tubos concêntricos com base em projetos "tubo-em-tubo". Estes projetos usam INVAR (RTM) para resolver o problema de expansão térmica, e a inserção de materiais isolantes de alto desempenho, tal como aerogéis, no espaço entre os tubos para resolver o problema de isolação. Tais soluções, no entanto, são caras em termos de material e construção.

A presente invenção se refere particularmente a uma tubulação usualmente assentada sobre o leito do mar, ou disposta próxima deste. Tal tubulação tipicamente compreende um tubo externo, um tubo interno, e uma camada isolante entre o tubo interno e o tubo externo. Como discutido com respeito à técnica anterior, o tubo externo pode ser feito de aço inoxidável enquanto o tubo interno pode ser feito de uma liga ferro-níquel, tal como o material com o nome INVAR. O INVAR (RTM) é selecionado com este propósito, pelo fato de apresentar um baixo coeficiente de expansão térmica, de modo que os tubos interno e externo se expandem e se contraem em medidas similares, a despeito da variação de temperatura entre os tubos interno e externo, primariamente em função da presença de camada isolante. Conquanto tubulações que usam tubo interno de INVAR (RTM) sejam efetivas para transportar fluidos criogênicos, estas tubulações são muito caras, por causa do conteúdo de níquel.

A WO 2006044053 divulga um sistema para transportar fluidos criogênicos de um navio para uma localização submersa. No entanto, esta patente não inclui quaisquer informações com respeito a como projetar uma tubulação para fluido criogênico.

Trata-se de um objetivo da presente invenção prover um tubo com características de robustez e resistência a temperatura, altamente desejáveis para transportar

efetivamente um fluido por uma tubulação.

De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção, provê-se um tubo compreendendo um duto rígido externo e uma estrutura tubular interna, a estrutura tubular interna compreendendo uma mangueira flexível, sendo que esta mangueira compreende um corpo tubular disposto entre o membro de pega interno e o membro de pega externo, e o corpo tubular inclui uma camada seladora, e sendo feito de um material capaz de suportar temperaturas criogênicas, sendo que a estrutura tubular interna, ademais, deve ter propriedades que permitam para proteger o duto rígido externo das baixas temperaturas do fluido criogênico que passa na estrutura tubular interna.

Em uma configuração particularmente vantajosa, as extremidades do duto rígido e da mangueira flexível são seladas para evitar o ingresso de fluidos entre o duto rígido e a mangueira.

Em uma configuração adicional particularmente vantajosa, pelo menos uma extremidade do tubo é adaptada para se conectar a um riser submerso.

O tubo de acordo com a presente invenção é adequado para uso em locais submersos, mas, no entanto, deve ser apreciado que nem todo o tubo deve ficar necessariamente submerso.

O corpo tubular preferivelmente compreende pelo menos duas camadas de reforço, sendo que a camada seladora fica sanduichada entre elas.

Preferivelmente, provê-se uma camada de reforço adicional entre o membro de pega externo e o meio de reforço axial.

A resistência mecânica máxima da(s) camada(s) de reforço deve estar preferivelmente entre 100 e 700 kN para uma mangueira com diâmetro de 8" (200 mm). Sendo preferível que a tensão de falha para curvamento da camada de reforço se encontre na faixa de 2% a 15%.

É preferido que a mangueira adicionalmente inclua um meio de reforço axial. Preferivelmente, o meio de reforço axial compreende uma capa geralmente tubular feita de uma

folha de material, em forma tubular, de modo que a capa mantenha a sua forma tubular, mesmo quando submetida à tensão axial. A mangueira pode ser provida com duas ou mais capas tubulares para adicionalmente melhorar o desempenho da mangueira com respeito à tensão axial. É particularmente preferido que o meio de reforço axial seja provido em forma de trançado geralmente tubular. Nesta especificação, o termo "Trançado" se refere a um material feito de duas ou mais fibras de fios que tenham sido entrelaçadas para formar uma estrutura alongada. Uma característica básica do trançado é fato de o mesmo se alongar quando submetido à tensão axial. Uma característica adicional do trançado, em forma tubular, é o fato de reduzir de diâmetro quando submetido à tensão axial. Assim, provendo um trançado tubular em torno do corpo tubular, ou dentro de estrutura do corpo tubular, o trançado exerce uma força na direção de fora para dentro sobre pelo menos parte do corpo tubular, quando submetido à tensão axial. É preferido que a capa tubular inteira seja provida em forma de trançado. No entanto, é possível que apenas uma ou mais partes da extensão da capa tubular sejam providas em forma de trançado. Também é preferido que o trançado se estenda em torno de toda circunferência da capa tubular. No entanto, também é possível que apenas parte da circunferência da capa tubular seja provida em forma de trançado. O trançado pode ser provido quer em forma biaxial (que consiste de apenas duas fibras ou fios entrelaçados) ou triaxial (incluindo fibras ou fios que longitudinais para aumentar a resistência axial).

Conquanto seja preferível prover o meio de reforço axial em forma de trançado, outras formas poderão ser providas desde que atendam os requisitos funcionais especificados. Assim, o meio de reforço axial pode ser provido como um arranjo de cabos ou cordas aplicados em espiral em torno do corpo tubular.

Assim, alternativamente ou adicionalmente, o meio de

reforço axial compreende uma pluralidade de tiras de reforço axial ao longo da extensão da estrutura tubular interna. As tiras de reforço axial preferivelmente devem ser arranjadas de modo regular em torno da circunferência da estrutura tubular interna. Pode haver três, quatro, 5 cinco, seis, e mais preferivelmente quatro ou seis tiras. Preferivelmente, as tiras de reforço axial são feitas com um tecido tendo urdidura e trama, preferivelmente a urdidura é arranjada em um ângulo de 0° a 10° 10 em relação ao eixo longitudinal da mangueira, mais preferivelmente a urdidura é arranjada em um ângulo de 0° a 5° em relação ao eixo longitudinal da estrutura tubular interna, e ainda mais preferivelmente, a urdidura é arranjada em um ângulo de 0° a 2° em relação ao eixo 15 longitudinal da estrutura tubular interna.

O meio de reforço axial pode ser disposto entre o membro de pega externo e o corpo tubular. Alternativamente, o meio de reforço axial pode ser incorporado ao corpo tubular, entre a camada de reforço e a camada seladora.

20 Os materiais de construção para a estrutura tubular interna devem ser selecionados, de modo a permitir que esta se adeqüe ao ambiente a que se propõe. Assim, é preciso que a estrutura tubular interna seja capaz de transportar fluidos pressurizados, sem ocorrer vazamento 25 através de suas paredes. É também preciso que a estrutura tubular interna suporte as repetidas flexões causadas pela combinação de peso do fluido e da estrutura tubular interna. O propósito principal das camadas de reforço é suportar as tensões circunferenciais, às quais a 30 estrutura tubular interna é submetida, quando da passagem de fluidos. Assim, qualquer camada de reforço será adequada, desde que tenha o requerido grau de flexibilidade, e suporte as tensões. Também, se a estrutura tubular interna se destinar ao transporte de 35 fluidos criogênicos, então as camadas de reforço, ademais, devem suportar temperaturas criogênicas.

É preferido que as camadas de reforço sejam feitas com

uma folha de material enrolada em forma tubular, aplicando a folha de material em espiral. Isto faz que as camadas de reforço não apresentem grande resistência à tensão axial, em conseqüência do que a aplicação de uma
5 força axial tende a romper as espiras. As camadas de reforço podem compreender uma, duas, ou mais camadas contínuas da folha de material. No entanto, mais usualmente (de acordo com a extensão da mangueira), as camadas da folha de material são feitas com uma
10 pluralidade de extensões separadas da folha de material, ao longo da estrutura tubular interna.

Na configuração preferida, as camadas de reforço compreendem um tecido, mais preferivelmente, um tecido têxtil. As camadas de reforço, convenientemente, são
15 feitas de um polímero sintético, tal como poliéster, poliamida, ou poliolefina. O polímero sintético pode ser provido em forma de fibras ou fios, sendo que o tecido é feito com tais fibras ou fios.

Quando as camadas de reforço compreendem um poliéster, então preferivelmente é tereftalato de polietileno. Quando as camadas de reforço compreendem uma poliamida, então é uma poliamida alifática, tal como nylon, ou uma poliamida aromática, tal como um composto aramida. Por exemplo, as camadas de reforço podem ser uma poli-
25 (ρ -fenilenetereftalamida), tal como, por exemplo, KEVLAR (Marca Registrada).

Quando as camadas de reforço compreendem uma poliolefina, então esta pode ser um homopolímero, ou copolímero ou terpolímero de polietileno, polipropileno, ou
30 polibutileno, preferivelmente mono- ou bi- orientados na direção axial. Mais preferivelmente, a poliolefina é um polietileno, e, mais preferivelmente, o polietileno é um polietileno de alto peso molecular, especialmente UHMWPE. Na configuração preferida, o meio de reforço
35 axial também é UHMWPE.

O UHMWPE para a invenção geralmente tem um peso molecular médio acima de 400.000, tipicamente acima 800.000, e

usualmente acima de 1.000.000. O peso molecular médio
usualmente não excede cerca de 15.000.000. O UHMWPE
preferivelmente se caracteriza por um peso molecular de
cerca de 1.000.000 a 6.000.000. O UHMWPE mais útil para
5 a presente invenção é altamente orientado, e usualmente
se estende pelo menos 2-5 vezes em uma direção e 10-15
vezes na outra direção.

O UHMWPE mais adequado para a presente invenção
geralmente tem uma orientação paralela maior que 80%,
10 mais usualmente maior que 90%, e preferivelmente maior
que 95%. Em geral, a cristalinidade é maior que 50%,
mais usualmente maior que 70%, sendo possível uma
cristalinidade até 85-90%.

O UHMWPE está descrito, por exemplo, nas patentes US-A-
15 4344908, US-A-4411845, US-A-4422993, US-A-4430383, US-A-
4436689, EP-A-183285, EP-A-0438831, e EP-A- 0215507.

É particularmente vantajoso que as camadas de reforço
compreendam um UHMWPE altamente orientado, tal como
disponível a partir da DSM High Performance Fibres EV
20 (uma companhia Holandesa) com o nome DYNEEMA, ou
da AlliedSignal Inc (uma empresa Americana) com o nome
Spectra. Detalhes adicionais com respeito a DYNEEMA
poderão ser encontrados na brochura "DYNEEMA; the top
performace in fibers; properties and applications" da
25 DSM High Performance Fibres BV de 02/98. Detalhes
adicionais a respeito do SPECTRA podem ser encontrados
na brochura "Spectra Perfomance Materials" da
AlliedSignal Inc de 5/96. Estes materiais estão
disponíveis no mercado desde os anos 80.

30 Na configuração preferida, as camadas de reforço
compreendem um tecido têxtil feito com fibras tendo
urdidura e trama. Nós descobrimos que é particularmente
vantajoso que as camadas de reforço fossem arranjadas,
de modo que a direção da urdidura do tecido forme um
35 ângulo menor que 20° em relação à direção axial da
mangueira. Nós também preferimos que este ângulo fosse um
ângulo maior que 15°. Na configuração preferida,

as camadas de reforço devem ser arrançadas, de modo que a direção da urdidura forme um ângulo de 10° a 20° , mais preferivelmente, um ângulo de cerca de 15° em relação à direção axial da mangueira.

5 O propósito primário da camada seladora é evitar o vazamento de fluidos através do corpo tubular. Assim, será adequada qualquer camada seladora que tenha a desejada função seladora. Ademais, se a mangueira se destinar a transportar fluidos criogênicos, então
10 a camada seladora deve suportar temperaturas criogênicas. A camada seladora pode ser feita com os mesmos materiais básicos usados para a camada de reforço, em particular UHMWPE. Alternativamente, a camada seladora pode ser um fluorpolímero, tal como politetrafluoretileno (PTFE);
15 um copolímero de etileno propileno fluorado, tal como um copolímero de hexafluorpropileno e tetrafluoretileno (tetrafluoretileno-perfluorpropileno) disponível a partir da DuPont Fluoproducts - Teflon FEP, ou um hidrocarboneto fluorado-perfluoralquóxi a partir da DuPont Fluoproducts
20 - Teflon PFA. Os filmes são feitos por extrusão ou sopro. Nós preferimos que a camada seladora seja feita de uma folha de material enrolada em forma tubular, enrolando a folha de material em espiral. Similarmente às camadas de reforço, isto significa que as camadas
25 seladoras não oferecem grande resistência à tensão axial, em conseqüência do que a aplicação de uma força axial tende a romper as espiras. A camada seladora pode compreender uma, duas, ou mais camadas contínuas da folha de material. No entanto, mais usualmente, dependendo da
30 extensão da estrutura tubular interna, as camadas seladoras da folha de material podem ser feitas com uma pluralidade de seções da folha arrançada ao longo da estrutura tubular interna. Se desejado, as camadas seladoras podem compreender uma ou mais luvas seladoras
35 encolhíveis (em forma tubular) arrançadas sobre a camada de reforço interna.

Nós preferimos que a camada seladora compreenda uma

pluralidade de camadas sobrepostas de filme, preferivelmente, pelo menos 2 camadas, mais preferivelmente pelo menos 5 camadas, e ainda mais preferivelmente, pelo menos 10 camadas. Na prática, 5 as camadas seladoras podem ter 20, 30, 40, 50 ou mais camadas de filme. O limite superior para o número de camadas depende do tamanho da estrutura tubular interna, mas é improvável serem necessárias mais que 100 camadas. Usualmente, no máximo, são suficientes 50 camadas.

10 A espessura de cada camada de filme tipicamente deve estar na faixa de 50 a 100 μm . Com certeza, deve ser apreciado que podem ser providas mais de uma camada seladora.

A camada isolante pode ser afixada à parte interna do 15 duto rígido, i.e. disposta dentro do duto rígido. Alternativamente, a camada isolante pode ser disposta entre a mangueira e a o duto rígido, como uma camada separada da mangueira e do duto rígido.

No entanto, é preferido que a camada isolante seja 20 incorporada à estrutura tubular interna. A camada isolante pode ser afixada à parte externa da estrutura tubular interna, i.e. fora do membro de pega externo, ou dentro do membro de pega externo, entre o membro de pega externo e a camada seladora do corpo tubular. A camada 25 isolante pode compreender qualquer material convencionalmente usado para prover isolamento em equipamentos criogênicos, tal como um material de espuma sintética.

Em uma configuração preferida, a camada isolante 30 compreende um membro alongado de material isolante, com bordas longitudinais opostas. O membro alongado sendo enrolado helicoidalmente em torno do corpo tubular, de modo que as bordas longitudinais opostas das camadas se arranjam adjacentes ou sobrepostas, sendo que cada 35 borda longitudinal inclui uma formação capaz de engatar uma formação cooperativa na borda longitudinal oposta. O membro alongado sendo preferivelmente disposto fora

do membro de pega externo, daí formando uma capa para a camada externa. Um membro alongado adequado está descrito com mais detalhes em 2004/044472.

Em outra configuração preferida, a camada isolante inclui um tecido feito de fibras basálticas. Tecidos feitos de fibra basáltica são providos pela Sudaglass Fiber Company com os nomes BT-5, BT-8, BT-10, BT-11, BT-13. A espessura preferida do tecido varia na faixa de cerca de 0,1 mm a cerca de 0,3 mm. Se desejado, também pode ser empregada uma pluralidade de camadas de tecido basáltico.

Deve ser apreciado que podem ser providas mais que uma camada isolante, e que a mangueira pode incluir dois ou mais tipos diferentes de camada isolante.

Preferivelmente, uma peça de extremidade é provida em cada extremidade da mangueira. A peça de extremidade sendo preferivelmente do tipo descrito nas patentes WO 01/96772 ou WO 20004/079248.

Os membros de pega interno e externo da estrutura tubular interna são membros de pega helicoidais, mais preferivelmente fios helicoidais. Assim, os membros de pega preferivelmente formam espiras que fixam e retêm o corpo tubular e qualquer outra camada interposta. Preferivelmente, são aplicadas espiras interna e externa em uma configuração tendo o mesmo passo, sendo que a posição das espiras da bobina externa é deslocada meio passo da posição das espiras da bobina interna.

Trata-se de um aspecto importante da presente invenção que o duto rígido externo seja protegido adequadamente das temperaturas dos fluidos criogênicos transportados através da estrutura tubular interna. O duto externo é tipicamente metálico ou de plástico reforçado, e sendo importante manter a temperatura da superfície interna do duto rígido externo acima de cerca de -20°C para prover uma proteção adequada contra os efeitos de expansão/ contração, como descrito acima. Preferivelmente, a temperatura da superfície interna do duto rígido externo deve ser mantida dentro de 30°C , mais

preferivelmente dentro de 20°C, da temperatura da água que envolve o tubo. A temperatura da água que envolve o tubo tipicamente se encontra na faixa de temperatura entre 5°C e 30°C. Assim, a temperatura da superfície interna do duto rígido externo deve se encontrar preferivelmente em uma faixa entre cerca de 5°C a 20°C.

Também é importante que a temperatura da superfície interna do duto externo permaneça acima da temperatura de fragilidade do material do duto. A temperatura de fragilidade tipicamente é menor que -20°C, e depende do material escolhido.

A isolação requerida pode ser conseguida de vários modos. Um modo é confiar somente na isolação provida pelo corpo tubular da estrutura tubular interna. Os materiais do corpo tubular podem ser tais, que proporcionem a isolação requerida. Ademais, na configuração preferida, os materiais do corpo tubular são feitos aplicando múltiplas camadas em torno de um mandril, em um processo que deixa uma certa quantidade de ar dentro das camadas, provendo uma isolação adicional.

Em outra configuração, a estrutura tubular interna é provida por uma camada isolante de material isolante. A camada isolante pode ser uma camada especial do corpo tubular, ou uma camada formada em torno do membro de pega externo.

Em outra configuração, uma camada isolante de material isolante é provida entre a estrutura tubular e o tubo externo.

Em outra configuração, a isolação pode ser provida por um material isolante particulado (i.e. esferas) disposto no espaço formado entre a estrutura tubular interna e o tubo externo. As partículas isolantes compreendem micro-esferas de vidro, perlita, partículas de poliestireno. As partículas isolantes podem ser colocadas, simplesmente bombeando as partículas no espaço entre a estrutura tubular e duto externo.

A isolação requerida pode ser provida por uma combinação

de técnicas específicas, como descrito acima.

O duto rígido tipicamente é feito de aço, particularmente aço carbono ou aço inoxidável austenítico, e, ademais, pode ser provido com revestimento externo e/ou interno, preferivelmente a prova de água. Revestimentos exemplares são polipropileno, e polietileno e epóxi colado por fusão. O duto é uma estrutura tubular de qualquer forma, embora tipicamente tenha uma seção transversal circular.

As dimensões da mangueira e do duto rígido podem ser selecionadas, de modo que a mangueira e o duto rígido se contatem, ou preferivelmente a prover um espaço entre a mangueira e duto rígido. Preferivelmente, os espaçadores compreendem um anel em torno da parte externa da estrutura tubular interna. Uma pluralidade de anéis pode ser provida ao longo da extensão da estrutura tubular interna. Os espaçadores são feitos, por exemplo, de poliuretano PTFE, ou de madeira, tal como cortiça ou madeira balsa. Os anéis espaçadores poderão ser feitos de borracha, se houver uma isolação subjacente suficiente para proteger os espaçadores de borracha das temperaturas dos fluidos criogênicos que passam na estrutura tubular.

Em uma outra configuração, os espaçadores podem ter a forma de cabo ou corda, enrolados helicoidalmente entre a estrutura tubular interna e o tubo externo. O enrolamento pode ter um passo maior ou menor. O cabo pode ser, por exemplo, uma tira de poliuretano com seção retangular ou uma tira de borracha com seção circular.

O tubo, de acordo com a invenção, é útil para uma ampla variedade de aplicações, mas especialmente útil para fluidos criogênicos, particularmente em temperaturas menores que -100°C , preferivelmente em temperaturas iguais ou menores que cerca de -104°C (ponto de ebulição do etileno), e mais preferivelmente iguais ou menores que -150°C . A mangueira pode transportar LNG efetivamente em temperaturas iguais ou abaixo de -162°C , ou Oxigênio/Nitrogênio líquido em temperaturas de -183°C ou -196°C , respectivamente. Na prática, a menor temperatura em qual

o tubo pode ser aplicado está entre -200°C e -220°C .

O diâmetro interno do duto rígido preferivelmente é pelo menos 150 mm, mais preferivelmente o diâmetro interno da mangueira é preferivelmente pelo menos 150 mm.

5 O diâmetro interno da mangueira pode ser tão grande quanto 400 mm, ou ainda tão grande quanto 600 mm ou 800 mm.

O tubo é tipicamente suprido em extensões de 5 a 20 metros, embora seja possível suprir extensões de tubo mais longas e mais curtas. As extensões de tubo podem ser ligadas para prover uma tubulação com um certo comprimento, que pode ser variar de poucas dezenas ou centenas de metros até milhares de metros.

10 O tubo de acordo com a invenção pode ser fabricado colocando a mangueira, ou uma coluna de mangueiras, compreendendo múltiplas seções de mangueira conectadas pelas extremidades dentro do duto rígido, fazendo deslizar ao longo do duto.

15 Em geral, a pressão de operação do tubo deve estar na faixa de cerca de 500 a 2000 kPa manométrico, possivelmente até cerca de 2500 kPa manométrico. Quais pressões se referem à pressão de operação, e não à pressão de surto (que é muitas vezes maior). A taxa de fluxo volumétrico depende do meio de fluido, da pressão e do diâmetro interno, sendo típicas taxas de fluxo na

20 faixa de 1000 a 12000 m^3/hora .

De acordo com outro aspecto da invenção, provê-se uma tubulação compreendendo uma pluralidade de tubos, como descrito acima. Os citados tubos sendo conectados pelas

25 extremidades. A tubulação pode ter poucos metros de comprimento, mas preferivelmente o comprimento da tubulação tem pelo menos 100 metros, mais preferivelmente 200 metros, e ainda mais preferivelmente pelo menos 500 metros. Preferivelmente, a tubulação não tem mais que

30 5000 metros de comprimento, mais preferivelmente não mais que 2000 metros, e pode ter menos que 1000 metros de comprimento. Tipicamente, os comprimentos variam de cerca

35

de 100 a 2000 metros.

O tubo, de acordo com a invenção, é particularmente usado em aplicações que envolvem o transporte de fluidos, em particular fluidos criogênicos ao longo do leito do mar. O tubo pode se destinar ao transporte de fluidos entre duas estruturas offshore de superfície, ou entre uma estrutura offshore de superfície e uma estrutura em terra.

A estrutura offshore de superfície pode ser uma estrutura permanente ou temporária na superfície da água. Deve ser apreciado que, em circunstâncias normais, uma parte da estrutura fica acima da superfície da água e parte da estrutura fica submersa. Uma estrutura permanente é aquela que depois de instalada fica permanentemente fixa em uma posição acima do leito do mar. exemplos de estruturas permanentes incluem uma estrutura suporte de camisa de aço e uma estrutura suporte por gravidade. A estrutura temporária é aquela que pode se movimentar de uma posição a outra. Um exemplo de estrutura temporária seria um navio flutuante, usualmente tendo casco de aço ou concreto, tal como um navio ou barça, ou uma plataforma semi-submersível. Outro exemplo de estrutura temporária é uma unidade offshore flutuante para produção e armazenamento. A estrutura offshore, ademais, pode ter meios para extrair óleo ou gás a partir do subsolo sob o leito do mar. Adicionalmente ou alternativamente, a estrutura offshore de superfície pode incluir meios para armazenar óleo ou gás, este último em forma líquida.

Assim, de acordo com outro aspecto da invenção, provê-se um sistema para transportar fluidos entre uma estrutura offshore de superfície e uma estrutura offshore submersa compreendendo um riser, operativamente conectado a uma estrutura offshore de superfície e a uma estrutura offshore submersa, de modo que o fluido flua da estrutura offshore de superfície para a estrutura offshore submersa, ou vice-versa, onde pelo menos parte do riser

é uma mangueira, de acordo com a invenção.

De acordo com outro aspecto da invenção, provê-se um sistema para transportar fluidos entre uma primeira estrutura offshore de superfície e uma estrutura em terra compreendendo um primeiro riser, operativamente conectado a uma primeira estrutura offshore de superfície e a uma primeira extremidade da tubulação arranjada ao longo do leito do mar, um tubo operativamente conectado à estrutura em terra e a uma segunda extremidade da tubulação, sendo que o fluido pode fluir da primeira estrutura offshore de superfície para a estrutura em terra, ou vice-versa, onde pelo menos parte da tubulação é feita de tubos, de acordo com a invenção, como descrito acima. A estrutura em terra pode ser, por exemplo, uma facilidade de armazenamento em terra.

Em uma configuração, o sistema inclui uma bóia localizada na superfície, e os primeiro e segundo risers se estendem da bóia para a estrutura offshore submersa, e a mangueira sendo suportada pela bóia. O sistema CALM, descrito acima, é um exemplo deste sistema.

No entanto, o sistema de acordo com a presente invenção, pode ser um sistema CMBM, onde uma mangueira, de acordo com a invenção, segue diretamente da estrutura offshore de superfície para a estrutura offshore submersa.

O sistema, de acordo com a presente invenção, alternativamente, pode ser um sistema SALM, onde uma bóia de superfície é afixada a um conector submerso disposto no leito do mar, e a mangueira se estendendo diretamente da estrutura offshore submersa para o conector submerso.

No sistema descrito acima, é adicionalmente preferido prover um conector de fluido suportado por uma bóia. O conector de fluido é adaptado para ser conectado, em comunicação fluida, à extremidade superior da estrutura offshore submersa, em comunicação fluida, com um tubo que se estende da estrutura offshore submersa. Deste modo, o fluido pode fluir do tubo para o riser através do conector. O conector preferivelmente

é giratório, de modo que a estrutura offshore de superfície gire em torno da bóia. Este conector é usualmente conhecido como conector rotacionável ("swivel"). Um exemplo de conector rotacionável adequado
5 para fluidos criogênicos se encontra na EP 0833769.

O sistema, de acordo com invenção, também pode ser usado em um sistema do tipo descrito na WO 2006/044053, na qual é provida uma bóia submersível. Assim, de acordo com outro aspecto da invenção, provê-se um sistema para
10 transportar fluidos criogênicos entre uma estrutura offshore de superfície e uma tubulação compreendendo: (a) um primeiro riser tendo uma primeira extremidade e uma segunda extremidade, a citada primeira extremidade, na qual a posição vertical do primeiro riser é ajustável,
15 e a citada segunda extremidade do citado primeiro riser sendo localizada em um volume de água em comunicação fluida com a citada tubulação; e (b) um primeiro conector de torre submersível conectado à citada primeira extremidade do citado primeiro riser, o citado primeiro
20 conector sendo adaptado para liberavelmente conectar a citada estrutura offshore de superfície, de modo que o fluido criogênico possa ser comunicado entre a citada estrutura offshore de superfície e a citada primeira extremidade do citado primeiro riser, o citado primeiro
25 conector sendo amarrado ao fundo do citado volume de água, de modo que a posição vertical do citado primeiro conector possa ser alterada, sendo que o primeiro conector é adaptado para permitir que a citada estrutura offshore de superfície gire em torno do citado primeiro
30 conector na superfície do citado volume de água, enquanto a citada primeira plataforma é conectada ao citado primeiro conector, sendo que o primeiro riser consiste de uma mangueira de acordo com a invenção, como descrito acima.

35 Deve ser apreciado que as estruturas offshore de superfície e submersas são dispostas ao largo, tal como, em mar aberto, no oceano, em lagos ou portos, ou

em outros volumes de água. No entanto, não há nenhuma limitação particular com respeito à distância da estrutura à terra, que, por exemplo, tanto pode ser, de poucos metros, de poucas centenas de metros, de poucos
5 quilômetros, ou mesmo diversas centenas de quilômetros.

De acordo com outro aspecto da invenção, provê-se um método para transportar fluidos criogênicos sob a água, que compreende passar o fluido através de tubos de acordo com a presente invenção, como descrito, sendo que estes
10 tubos são dispostos sob a água, preferivelmente, tubos dispostos sob o leito do mar. Agora, faz-se referência aos desenhos anexos, onde:

A figura 1 mostra uma vista em corte transversal de uma parte de um tubo, de acordo com a presente invenção;

15 A figura 2 mostra uma vista em corte transversal de uma mangueira do tubo mostrado na Figura 1; e

A figura 3 mostra um diagrama esquemático ilustrando um sistema para suprir fluido criogênico de um navio para o tubo de acordo com a presente invenção.

20 Referindo-se às figuras 1 e 2, um tubo de acordo com a presente invenção é geralmente designado com o número de referência 100. A mangueira compreende uma mangueira 10 e um duto rígido 30.

A mangueira 10 compreende um corpo tubular 12 que
25 compreende uma camada de reforço interna 14, uma camada de reforço externa 16, e uma camada seladora 18 sanduichada entre as camadas 14 e 16. Uma capa geralmente tubular 20 em forma de trançado que provê um reforço axial é aplicada em torno da superfície externa da camada
30 de reforço externa 16.

O corpo tubular 12 e a capa tubular 20 são dispostos entre os membros de pega na forma de fio interno 22 e fio externo 24 enrolados helicoidalmente. Os fios interno e externo 22 e 24 são dispostos deslocados um do outro
35 uma distância correspondente a meio passo da hélice das espiras.

Uma camada isolante 26 é aplicada sobre o fio externo 24.

A camada isolante 26 pode ser, por exemplo, um material isolante convencional, tal como, por exemplo, uma espuma plástica.

5 As camadas de reforço 14 e 16 compreendem um material sintético, tal como fibras aramida ou UHMWPE.

A camada seladora 18 compreende uma pluralidade de camadas de filme plástico aplicada sobre a superfície externa da camada de reforço 14, para prover um selo a prova de fluido entre a camada de reforço interna 14 e a camada de reforço externa 16.

10 Uma peça de extremidade 28 é provida em cada extremidade do tubo interno 10, servindo para terminar o tubo 10. A peça de extremidade 10 pode ser, por exemplo, o tipo de peça descrito em WO 01/967772 ou WO 2004/079248.

15 A mangueira 10 é feita seguindo as etapas de: enrolar o fio interno 22 em torno de um mandril; enrolar a camada de reforço interna 14 em torno do fio interno 22; enrolar a camada de reforço 18 em torno da camada de reforço interna 14; enrolar a camada de reforço externa 16 em torno da camada seladora 16; deslizar a capa tubular sobre a camada de reforço externa 16; enrolar o fio externo 24 em torno da capa 20; e aplicar a camada isolante 26 sobre o fio externo 24 e a capa 20.

20 O duto rígido 30 compreende um tubo metálico tendo um revestimento externo a prova d'água 34.

É formado um anel 36 entre o tubo metálico 30 e a mangueira 10. O anel 36 pode ser simplesmente um espaço vazio, ou ser parcialmente ou completamente preenchido com um material isolante 38 (como mostrado na figura 1).

30 Quando o anel é um espaço vazio, então uma série de espaçadores (não mostrados) deve ser provida para manter a mangueira 10 na posição correta em relação ao duto rígido 30. Os espaçadores podem ter a forma de disco com uma abertura circular para passar a mangueira 10.

35 O fluido a ser transportado pode fluir através do espaço substancialmente cilíndrico 40 na mangueira 10.

A figura 3 é uma ilustração de um sistema exemplar

utilizando o tubo 100 de acordo com a presente invenção. O sistema mostrado na figura 3 é um sistema CALM, mas o tubo 100, ademais, pode ser aplicado a outros sistemas, tal como, por exemplo, sistemas SALM, CMBM, e STM.

- 5 Na figura 3, um navio 300, contendo uma unidade de armazenamento LNG (não mostrado), flutua na superfície do mar 302. Uma tubulação submarina 304 corre ao longo do leito do mar 306. Uma bóia de amarração de superfície 308 flutua na superfície do mar a uma distância do navio 300.
- 10 A bóia inclui uma mesa giratória 310 na parte superior que pode girar em relação à parte subjacente da bóia 308. Um cabo de amarração 312 se estende do navio 300 para a mesa giratória 310, e uma corrente de ancoragem 314 se estende da base da bóia 308 para o leito do mar 306.
- 15 A mangueira 316 se estende do navio 300 para a bóia 308. A mangueira 316 deve ter um alto grau de flutuabilidade, de modo a flutuar na superfície da água.
- A mangueira 318 segue da bóia 308 para a tubulação 304. A mangueira 318 é conectada à mangueira 316, de modo que
- 20 os fluidos fluam a partir da unidade de armazenamento no navio 302 para a tubulação 304 (ou vice-versa). A tubulação 314 é feita de extensões do tubo 10, como mostrado na figura 1.
- Deve ser apreciado que a presente invenção descrita
- 25 acima, pode sofrer modificações, e ainda se manter dentro do escopo das reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

- 1- Tubo, compreendendo um duto rígido externo e uma estrutura tubular interna, a estrutura tubular interna compreendendo uma mangueira flexível, caracterizado pelo fato de a mangueira compreender um corpo tubular disposto entre o membro de pega interno e o membro de pega externo, ademais o corpo tubular inclui uma camada seladora e sendo feito a partir de um material capaz de suportar temperaturas criogênicas, sendo que a estrutura tubular deve ter uma propriedade isolante suficiente para proteger o duto externo da baixa temperatura do fluido criogênico, que flui dentro da estrutura tubular interna.
- 5
- 2- Tubo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de as extremidades do duto rígido e da mangueira flexível serem seladas, para evitar o ingresso de fluidos entre o duto rígido e a mangueira.
- 15
- 3- Tubo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de pelo menos uma extremidade do tubo ser adaptada para ser conectada a um riser sob a água.
- 20
- 4- Mangueira, definindo a estrutura tubular interna do tubo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, caracterizada pelo fato de o corpo tubular compreender pelo menos duas camadas de reforço, com uma camada seladora sanduichada entre as mesmas.
- 25
- 5- Mangueira, definindo a estrutura tubular interna do tubo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizada pelo fato de a mangueira adicionalmente incluir um meio de reforço axial.
- 30
- 6- Mangueira, de acordo com a reivindicação 5 caracterizada pelo fato de o meio de reforço axial compreender um trançado geralmente tubular, feito a partir de uma folha de material provida em uma forma tubular.
- 35
- 7- Mangueira, de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 ou 6, caracterizada pelo fato de o meio de reforço axial compreender uma pluralidade de tiras axiais de reforço que se estendem ao longo do comprimento da mangueira.

8- Mangueira, definindo a estrutura tubular interna do tubo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 7, caracterizada pelo fato de a camada de reforço ser feita a partir de uma folha de material enrolada, em
5 forma tubular, em torno do tubo interno.

9- Mangueira, definindo a estrutura tubular interna do tubo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 8, caracterizada pelo fato de a camada seladora ser feita a partir de uma folha de material enrolada,
10 em forma tubular, em torno da mangueira.

10- Mangueira, definindo a estrutura tubular interna do tubo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 9, caracterizada pelo fato de a camada isolante ser incorporada à mangueira.

15 11- Mangueira, definindo a estrutura tubular interna do tubo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 10, caracterizada pelo fato de a camada isolante ser disposta entre o membro de pega interno e o membro de pega externo.

20 12- Mangueira, definindo a estrutura tubular interna do tubo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 11, caracterizada pelo fato de a camada isolante ser sobreposta ao membro de pega externo.

25 13- Mangueira, de acordo com a reivindicação 12, caracterizada pelo fato de a camada isolante de material isolante compreender um membro alongado, feito a partir de um material isolante, tendo bordas longitudinais opostas, o membro alongado sendo enrolado helicoidalmente em torno do corpo tubular, de modo que as bordas
30 longitudinais opostas da camada assumam um arranjo adjacente e sobreposto, sendo que cada borda longitudinal inclui uma formação capaz de engatar uma formação cooperativa da borda longitudinal oposta.

35 14- Mangueira, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 10 a 12, caracterizada pelo fato de a camada isolante incluir um tecido a partir de fibras basálticas.

15- Mangueira, definindo a estrutura tubular interna do tubo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 14, caracterizada pelo fato de adicionalmente compreender uma peça de extremidade disposta em cada
5 extremidade da mangueira.

16- Mangueira, definindo a estrutura tubular interna do tubo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 15, caracterizada pelo fato de os membros de pega interno e externo da mangueira serem membros de pega
10 helicoidais.

17- Mangueira, definindo a estrutura tubular interna do tubo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 16, caracterizada pelo fato de os membros de pega interno e externo da mangueira serem fios helicoidais.

15 18- Tubulação, caracterizada pelo fato de compreender uma pluralidade de tubos, como definidos em qualquer uma das reivindicações de 1 a 17, os citados tubos sendo conectados por suas extremidades.

19- Sistema para transportar fluidos, entre uma primeira
20 estrutura oceânica de superfície e uma segunda estrutura oceânica de superfície, caracterizado pelo fato de compreender um primeiro riser operativamente conectado à primeira estrutura oceânica de superfície e a uma primeira extremidade de uma tubulação arranjada ao longo
25 do leito do mar, e um segundo riser operativamente conectado à segunda estrutura oceânica de superfície e a uma segunda extremidade da tubulação, através do que o fluido pode fluir a partir da primeira estrutura oceânica de superfície para a segunda estrutura oceânica
30 de superfície ou vice-versa, sendo que pelo menos parte da tubulação é feita com um tubo de acordo com a invenção, como descrito acima.

20- Sistema para transportar fluidos, entre uma primeira
35 estrutura oceânica de superfície e uma segunda estrutura oceânica de superfície, caracterizado pelo fato de compreender um primeiro riser operativamente conectado à primeira estrutura oceânica de superfície e a uma

primeira extremidade de uma tubulação arranjada ao longo do leito do mar, um tubo operativamente conectado a uma estrutura em terra e a uma segunda extremidade da tubulação, através do que o fluido pode fluir a partir da primeira estrutura oceânica de superfície para a estrutura em terra ou vice-versa, sendo que pelo menos parte da tubulação é feita com um tubo, de acordo com a invenção como descrito acima.

21- Método para transportar fluidos criogênicos debaixo d'água, caracterizado pelo fato de compreender fluir o fluido através de um tubo como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 17, qual tubo é disposto em uma localização submersa, preferivelmente o tubo deve ser localizado sobre o leito do mar.

22- Tubo, caracterizado pelo fato de ser substancialmente como descrito, com referência e como mostrado nos desenhos anexos.

23- Tubulação, caracterizada pelo fato de ser substancialmente como descrita, com referência e como mostrada nos desenhos anexos.

24- Sistema para transportar fluidos, entre uma primeira estrutura oceânica de superfície e uma segunda estrutura oceânica de superfície ou uma estrutura em terra, caracterizado pelo fato de ser substancialmente como descrito nesta, com referência e como mostrado nos desenhos anexos.

25- Método para transportar fluidos criogênicos debaixo d'água, caracterizado pelo fato de substancialmente ser como descrito nesta, com referência e como mostrado nos desenhos anexos.

1/2

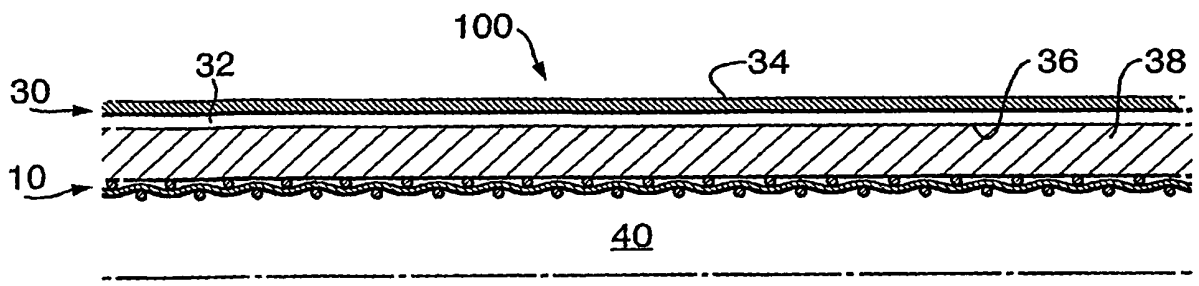


FIG. 1

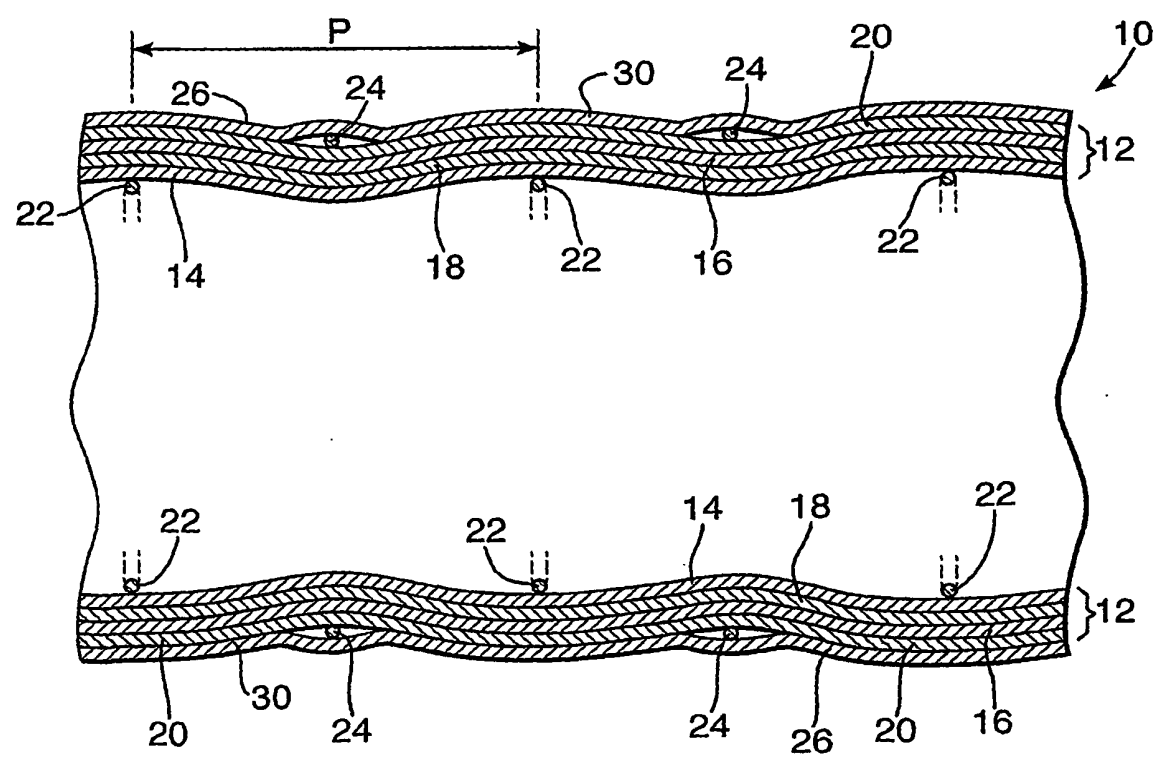


FIG. 2

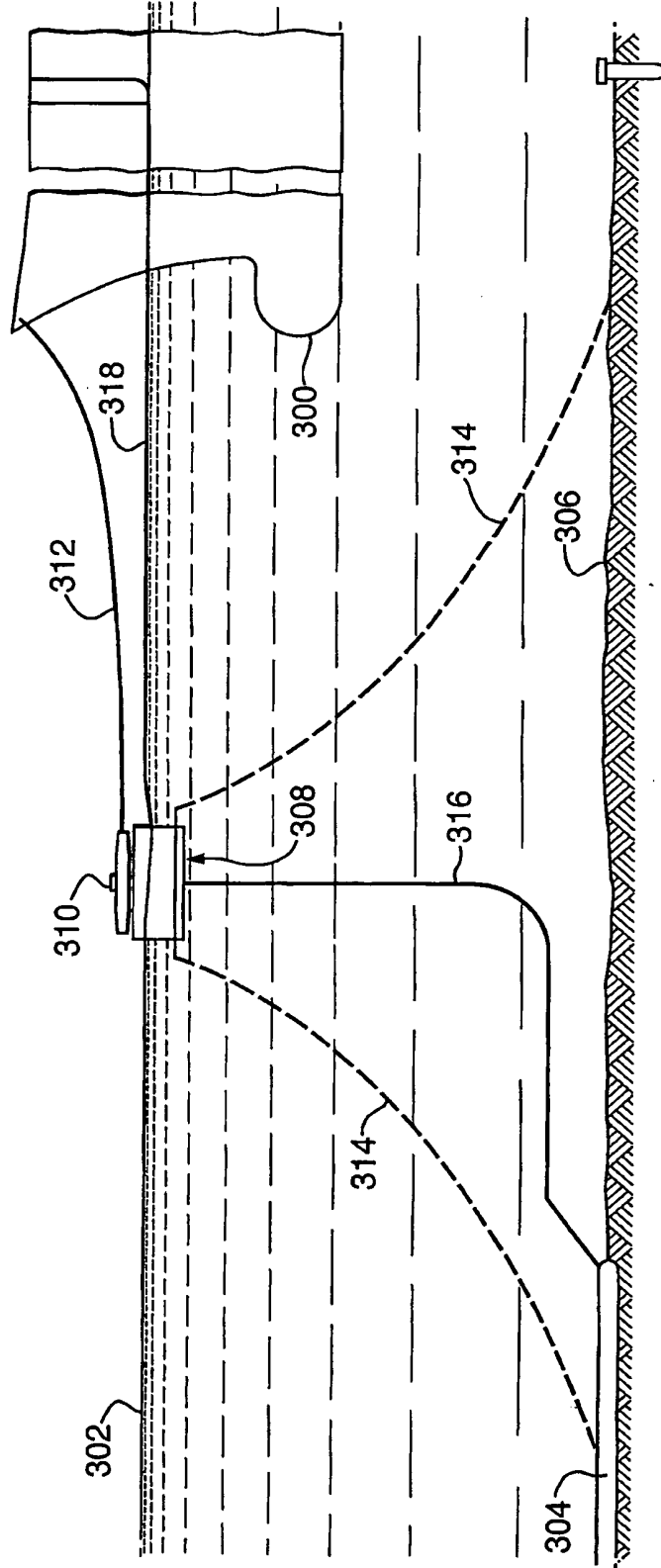


FIG.3

RESUMO

"TUBO, MANGUEIRA, TUBULAÇÃO, SISTEMA PARA TRANSPORTAR FLUIDOS E MÉTODO PARA TRANSPORTAR FLUIDOS CRIOGÊNICOS DEBAIXO D'ÁGUA".

5 A presente invenção provê um tubo (100) compreendendo um duto rígido externo (30) e uma estrutura tubular interna, a estrutura tubular interna compreende uma mangueira flexível (10), qual mangueira compreende um corpo tubular disposto entre os membros de pega interno e externo, qual
10 corpo tubular inclui uma camada seladora e sendo feita a partir de um material capaz de suportar temperaturas criogênicas, sendo que a estrutura tubular interna tem uma propriedade isolante suficiente para proteger o duto externo da baixa temperatura do fluido criogênico, que
15 flui dentro da estrutura tubular interna.