



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

(21) BR 102020016574-7 A2



(22) Data do Depósito: 14/08/2020

(43) Data da Publicação Nacional: 03/03/2022

(54) **Título:** SISTEMA E MÉTODOS PARA ACOPLAMENTO DE ENRIJECEDOR DE CURVATURA DESLIZANTE À RECEPTÁCULOS

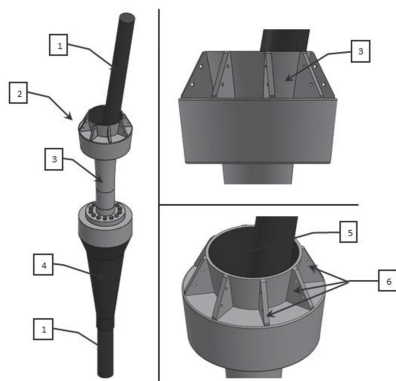
(51) **Int. Cl.:** E21B 17/02.

(52) **CPC:** E21B 17/02.

(71) **Depositante(es):** PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS.

(72) **Inventor(es):** CLAUDIO VIOLANTE FERREIRA; JOSE MAURICIO TEIXEIRA DA GAMA LIMA; FLAVIO BARROSO DE MELLO; BRUNO PINHO DOS REIS; PEDRO LUIZ FERREIRA MENDES; VINICIUS GARCIA DO PRADO.

(57) **Resumo:** SISTEMA E MÉTODOS PARA ACOPLAMENTO DE ENRIJECEDOR DE CURVATURA DESLIZANTE À RECEPTÁCULOS. A presente invenção trata de um sistema de acoplamento de riser flexível em receptáculo cônico que ainda permite o deslizamento axial do riser e, portanto, mitigando os efeitos negativos da tradicional solução acoplada, como a tração e os esforços laterais que anteriormente eram transmitidos diretamente ao receptáculo. Um adaptador contendo o enrijecedor de curvatura substitui o capacete tipicamente adotado para o acoplamento do riser flexível em bocas de sino. A tração será ancorada próxima ao deck da plataforma e a flexão transmitida ao receptáculo cônico, semelhante ao que ocorre com risers flexíveis utilizando boca de sino. A presente invenção também elimina a necessidade de utilizar dois tipos de suportes de risers, visto que é possível suportar risers rígidos ou flexíveis neste. Além disso, permite a ligação entre riser flexível com o topside da UEP na condição emersa (sem mergulho) e a terminação do riser flexível ser emersa facilita a gestão da integridade.



## “SISTEMA E MÉTODOS PARA ACOPLAMENTO DE ENRIJECEDOR DE CURVATURA DESLIZANTE À RECEPTÁCULOS”

### Campo da Invenção

**[0001]** A presente invenção trata de um sistema e método para acoplamento de enrijecedor de curvatura deslizante à receptáculos, aplicados na área de tecnologia de dutos e *risers*, com a função primordial de permitir a utilização de *risers* flexíveis em UEPs inicialmente concebidas para receber apenas *risers* rígidos.

### Descrição do Estado da Técnica

**[0002]** Usualmente, *risers* flexíveis são interligados a plataformas por dispositivos que desacoplam a tração do duto com os movimentos laterais causados por deslocamentos da unidade flutuante, sendo a primeira parcela suportada em uma região próxima ao deck da plataforma (*Hang-off*) e as cargas laterais transferidas para um dispositivo de conexão localizado em uma posição próxima ao fundo do casco da plataforma, havendo um acoplamento deslizante entre tal dispositivo e o duto. Um exemplo típico de tal dispositivo de conexão amplamente empregado é a Boca de Sino (US005947642A). Tal desacoplamento entre a tração e os movimentos laterais dos *risers* flexíveis fornecem grandes benefícios operacionais para esta tecnologia de dutos, como por exemplo, o aumento de sua vida útil, não se limitando somente a este.

**[0003]** Outro aparato de conexão amplamente utilizado para suportar *risers* é o dispositivo comumente denominado de receptáculo cônico (US6835025B1), sendo este usualmente empregado para acoplar *risers* rígidos, adotando como terminação de topo uma stress-joint ou uma *flexjoint* (junta flexível). Nesta configuração, toda a tração do *riser* é suportada pelo receptáculo. Embora este suporte seja projetado para interligação de *risers* rígidos, existem casos em que *risers* flexíveis são acoplados a este suporte, sendo que a tração é igualmente sustentada pelo receptáculo, eliminando assim a vantagem operacional que o duto flexível teria em suportes semelhantes ao conceito de boca de Sino.

**[0004]** De forma a fornecer competitividade entre as soluções de *risers* flexíveis e rígidos, a solução atual impõe a utilização de dois suportes dedicados, isto é uma boca de sino para o *riser* flexível e um receptáculo para o *riser* rígido, fornecendo assim uma estrutura mais complexa e custosa ao FPSO (*Floating Production Storage and Offloading*). Uma das alternativas adotadas anteriormente para diminuir a complexidade/custo da unidade flutuante foi a utilização de somente um suporte do tipo receptáculo cônico, visto que é possível suportar *risers* rígidos ou flexíveis neste, enquanto que os tipos boca de sino permitem a interligação somente de *risers* flexíveis. Como suportes do tipo receptáculo só permitem suportar *risers* flexíveis de maneira acoplada, isto é, toda a tração e os esforços laterais são transmitidos diretamente ao receptáculo, impõe-se uma combinação de carregamentos deletéria aos *risers* flexíveis. Em função deste efeito, só é tecnicamente viável o uso de *riser* flexível em receptáculos localizados em unidades flutuantes com movimentos reduzidos como, por exemplo, as semissubmersíveis, impedindo tal aplicação em FPSOs. Outro aspecto importante é que a terminação do *riser* flexível ficaria submersa, impondo diversas atividades de mergulho para sua interligação à planta de processo da UER bem como aumentando a complexidade da gestão de integridade do flexível. Já na geometria típica para *risers* flexíveis (Boca de Sino), tais atividades de mergulho não são necessárias, visto que a terminação de topo está em uma condição emersa (*topside*).

**[0005]** O documento BR102018011452 trata de um sistema de encaixe entre um enrijecedor de curvatura e uma boca de sino que compreenda travamento automático confiável a ponto de ser dispensada a etapa de mergulho raso nesta operação. De forma a alcançar o objetivo acima descrito, o documento provê um sistema de acoplamento entre um enrijecedor de curvatura e uma boca de sino compreendendo uma pluralidade de mecanismos de travamento em que cada mecanismo de travamento é fixado externamente à boca de sino e compreende uma lingueta móvel posicionada de modo inclinado para baixo, em que a lingueta acessa o interior da boca de sino e é acionada por um elemento elástico

adaptado para exercer pressão na lingueta no sentido do interior da boca de sino. Apesar de eliminar a necessidade de mergulho raso no momento crítico da operação de acoplamento entre o enrijecedor de curvatura e a boca de sino, o documento difere da presente invenção na sua geometria e é utilizado exclusivamente para conexão de risers flexíveis.

**[0006]** O documento US2018258711A1 trata de uma simplificação da conexão de um *riser* de catenária de aço (SCR) em uma embarcação offshore flutuante (como um FPSO). Uma interface superior do *riser* para uma embarcação offshore flutuante (por exemplo, um FPSO ancorado em *spread*) tem um funil superior e um funil inferior coaxial, espaçado do funil superior. As cargas de tensão no *riser* são reagidas no funil superior, enquanto as cargas laterais e de flexão são reagidas no funil inferior. Uma interface superior do *riser*, de acordo com o documento, pode ser usada com *risers* flexíveis ou *risers* de catenária de aço. Os *risers* de catenária de aço podem ser equipados com uma junta flexível ou uma junta de tensão cônica próxima ao funil inferior. O documento revela também reduzir o escopo de trabalho de mergulho necessário e move muitas das etapas de conexão para acima da linha d'água, permitindo aos trabalhadores um melhor acesso. Apesar das semelhanças com a presente invenção, o documento não revela o mesmo sistema de acoplamento.

**[0007]** O documento US4741647A trata de um dispositivo limitador de tensão para um *riser* flexível que desliza num conjunto de guias rigidamente fixadas a uma estrutura articulada colocada nas profundezas do mar. O dispositivo inclui um elemento de tubo guia elástico coaxial ao *riser*, com a rigidez do tubo guia aumentando progressivamente de cima para baixo do referido tubo guia, sendo a característica de rigidez apreciável na região inferior do tubo guia cuja região inferior é afixada a uma estrutura fixada a uma cabeça de poço ou similar através de um encaixe alinhado, em que o tubo guia é mantido em contato com o *riser* por intermédio de uma pluralidade de mecanismos de apoio, um dos quais inclui uma bucha encaixada que desliza na parte inferior e rígida do tubo guia. O dispositivo permite desligar e retomar o funcionamento dos poços offshore que

foram equipados para a produção. Apesar de aliviar as tensões de flexão, o documento difere da presente invenção pois não demonstra a aplicação para outros tipos de *risers*, nem a ligação entre o *riser* com o *topside* da UEP na condição emersa (sem mergulho), que facilitaria a gestão da integridade.

**[0008]** A presente invenção trata de um sistema e método para acoplamento de enrijecedor de curvatura deslizante à receptáculos com características diferentes que proporcionam vantagens sobre o que é revelado pelos documentos do estado da técnica.

#### **Descrição Resumida da Invenção**

**[0009]** A presente invenção trata de um sistema de acoplamento de *riser* flexível em receptáculo cônico que ainda permite o deslizamento axial do *riser* e, portanto, mitigando os efeitos negativos da tradicional solução acoplada, como a tração e os esforços laterais que anteriormente eram transmitidos diretamente ao receptáculo. Um adaptador contendo o enrijecedor de curvatura substitui o capacete tipicamente adotado para o acoplamento do *riser* flexível em bocas de sino. A tração será ancorada próxima ao deck da plataforma e a flexão transmitida ao receptáculo cônico, semelhante ao que ocorre com *risers* flexíveis utilizando boca de sino. A presente invenção também elimina a necessidade de utilizar dois tipos de suportes visto que é possível suportar *risers* rígidos ou flexíveis neste. Além disso, permite a ligação entre *riser* flexível com o *topside* da UEP na condição emersa (sem mergulho) e a terminação do *riser* flexível ser emersa facilita a gestão da integridade.

#### **Objetivos**

**[0010]** A presente invenção tem como objetivo propor um sistema de acoplamento de *riser* flexível em receptáculo cônico que ainda permite o deslizamento axial do *riser*, mitigando os efeitos negativos da tradicional solução acoplada.

**[0011]** A presente invenção tem como objetivo gerar economia pela eliminação da boca de sino e pela possibilidade de equilibrar o preço de mercado da solução de *risers* rígidos devido à concorrência com flexíveis.

[0012] Outro objetivo da presente invenção é a eliminação de slots com dupla camada de suportes (receptáculo e boca de sino), sendo necessário somente o Receptáculo em sua posição usual.

[0013] A presente invenção tem como objetivo reduzir aproximadamente 14 toneladas relativas ao peso do suporte de contingência (boca de sino).

[0014] A presente invenção tem como objetivo reduzir o comprimento total do *balcony* inferior (mitigação de interferências de *risers*).

[0015] Outro objetivo da presente invenção é simplificar o sistema de *pull-in* de *risers* rígidos (caso base) e redução da carga do sistema auxiliar de *pull-in*.

[0016] É um objetivo da presente invenção viabilizar *risers* flexíveis em plataformas inicialmente concebidas apenas para interligação de *riser* rígido.

[0017] Esses e outros objetivos serão alcançados pelo objeto da presente invenção.

#### **Breve Descrição dos Desenhos**

[0018] A presente invenção será descrita com mais detalhes a seguir, com referência às figuras em anexo que, de uma forma esquemática e não limitativa do escopo inventivo, representam exemplos da mesma. Nos desenhos, têm-se:

- A Figura 1 ilustrando a forma geral do conceito preliminar adaptador para *risers* flexíveis;
- A Figura 2 ilustrando o adaptador contendo um enrijecedor de curvatura, conectado ao *end fitting* por meio de cabos fusíveis;
- A Figura 3 ilustrando o Mecanismo de travamento por Lingueta;
- A Figura 4 ilustrando a representação em corte do mecanismo de travamento por lingueta;
- A Figura 5 ilustrando mecanismo de travamento por *dog*;
- A Figura 6 mostra a representação em corte do mecanismo de travamento por *dog*;
- A Figura 7 ilustrando o receptáculo, com ranhura destacada;
- A Figura 8 ilustrando a aproximação do conjunto *end fitting* e adaptador até o receptáculo;

- A Figura 9 ilustrando acoplamento do adaptador no receptáculo;
- A Figura 10 ilustrando a puxada do *end fitting* até sua fixação no hang off;
- A Figura 11 ilustrando o conjunto Receptáculo e Adaptador, com o conceito de travamento por linguetas;
  - A Figura 12 ilustrando o acionamento automático da Lingueta durante o *pull-in*;
  - A Figura 13 ilustrando o destravamento das linguetas, para o *pull-out*;
- A Figura 14 ilustrando o conjunto Receptáculo e Adaptador, com o conceito de travamento por *dogs*;
- A Figura 15 ilustrando o acionamento automático do *dog* durante o *pull-in*;
- A Figura 16 ilustrando o destravamento, deslocamento e posterior travamento do elemento elástico atuante no *dog* durante o *pull-out*;
- A Figura 17 ilustrando a retirada do *dog* da ranhura e movimentação do Adaptador para fora do receptáculo, durante o *pull-out*;
- A Figura 18 ilustrando pistão hidráulico atuando sobre a ranhura do receptáculo;
- A Figura 19 ilustrando a suportaçãõ de *flexjoint*;
- A Figura 20 ilustrando um exemplo de *flexjoint* em receptáculo;
- A Figura 21 ilustrando suportaçãõ de adaptador para flexível.

### **Descrição Detalhada da Invençãõ**

**[0019]** Preliminarmente, ressalta-se que a descriçãõ que se segue partirá de concretizações preferenciais da invençãõ. Como ficará evidente para qualquer técnico no assunto, no entanto, a invençãõ não está limitada a essas concretizações particulares, mas apenas ao escopo de proteçãõ definido nas reivindicações.

**[0020]** O adaptador (2), Figura 1, possui os mesmos atributos do Capacete tipicamente adotado para suportaçãõ do *riser* flexível (1) em bocas de sino, ou seja, uma trombeta (3) que redireciona o *riser* (1) com uma curvatura controlada para o *hang-off*, sendo esta revestida com um *liner* polimérico (5) para evitar

desgaste da capa externa do duto, e um cone elastomérico (4) adequadamente dimensionado para prover uma transição suave de rigidez entre o *riser* flexível (1) e o suporte da UEP.

**[0021]** A Figura 1 apresenta uma visão geral da forma do adaptador (2) de receptáculo (8) para *riser* flexível (1), sendo que o adaptador (2) contém o formato cônico necessário para sua suportaçãoincondicionalmente estável em um receptáculo (8) e todos os elementos de referência citados no parágrafo anterior. Notar ainda que a forma construtiva da região da trombeta (3) considerou uma configuração reforçada por nervuras (6), mesmo conceito adotado em *bend stiffeners* para bocas de sino. Esta configuração permite que, durante a operação de *pull-in*, cabos fusíveis (13) sejam conectados ao *end fitting* (12) do *riser* (1) pelo mesmo método adotado em interligações em suportes do tipo I-Tube, Figura 2. É importante ressaltar ainda que os cabos fusíveis (13) são apenas uma das possíveis soluções de ligação provisória entre o adaptador (2) e o *end fitting* (12), podendo ser substituídos por outros dispositivos, tal como, por exemplo, pinos cisalhantes.

**[0022]** Para viabilizar a operação de instalação sem o auxílio de mergulho é necessário prover um travamento do adaptador (2) no receptáculo cônico (8). Isso é obtido por meio de um sistema mecânico automático, Figura 3 a Figura 6, que trava o conjunto em uma ranhura (7) específica existente no interior do receptáculo cônico (8), Figura 7. Isso representa uma das possibilidades de travamento não limitando a presente invenção a apenas este sistema de travamento.

**[0023]** Para a operação de *pull-in* (instalação do *riser*), como será utilizado um receptáculo cônico (8) como suporte, o procedimento de instalação será semelhante à de um *riser* rígido, ou seja, o cabo principal de *pull-in* (11), conectado ao *end fitting* (12), suporta a carga vertical do *riser* enquanto que cabos auxiliares (14) realizam o puxamento lateral do adaptador (2), para o seu assentamento no receptáculo cônico (8), como pode ser observado na Figura 8.



**[0024]** Após a entrada no Receptáculo (8), o conjunto *end fitting* (12) e adaptador (2) é descido até que haja o travamento automático do adaptador (2) no receptáculo (8), Figura 9. O travamento, essencial para este método, é explicado com mais detalhes mais à frente.

**[0025]** Após o acoplamento com travamento automático do adaptador (2) no receptáculo (8), as etapas subsequentes da operação de *pull-in* serão bastante semelhantes à realizada em uma boca de sino, ou seja, o *end fitting* (12) continuará a ser puxado pelo cabo principal de *pull-in* (11) até o rompimento dos cabos fusíveis (13) que uniam provisoriamente o *end fitting* (12) ao adaptador (2). Por fim, o *end fitting* (12) é puxado até o balcão superior da UEP e suportado pelo sistema de *hang-off*, concluindo assim a operação, Figura 10.

**[0026]** Foram desenvolvidas duas alternativas para o sistema de travamento do Adaptador (2). Uma por Linguetas (16), baseadas em mecanismo desenvolvido na boca de sino *diverless* (BR102018011452– Sistema de acoplamento entre um enrijecedor de curvatura e uma boca de sino compreendendo uma pluralidade de mecanismos de travamento) e outra por tradicional mecanismo por “Dogs” (18), (US005947642A). Conforme explicitado anteriormente, esse sistema de travamento é fundamental para operacionalizar a operação de *pull-in*, não sendo, porém, o foco da presente invenção. A seguir, serão apresentadas duas soluções possíveis não se limitando a estas.

**[0027]** O mecanismo de travamento por linguetas, Figura 11, foi baseado na BR102018011452, apresentando como vantagem uma excelente interface com o mergulho raso, requerendo baixos esforços em sua operação. A Figura 3 e a Figura 4 apresentam uma visão geral do mecanismo de travamento por Linguetas (16). A sua condição estendida, acoplada ao receptáculo (8) através da ranhura (7), é obtida automaticamente, e sua condição retraída é obtida pela atuação da manopla (15) por mergulho raso.

**[0028]** De maneira resumida, a operação de *pull-in* com o mecanismo de travamento por linguetas (16) pode ser visualizada na Figura 12. Quando o adaptador (2) estiver completamente assentado no Receptáculo (8), a força do

elemento elástico (17) executa o movimento de extensão da lingueta (16), posicionando-a dentro da ranhura (7), sua posição final de operação.

**[0029]** Para a operação de *pull-out*, cujo passo-a-passo resumido está apresentado na Figura 13, o mergulhador precisa apenas operar a manopla (15), sendo que sua atuação não efetua a compressão do elemento elástico (17), mas sim o deslocamento de todo o conjunto de travamento. Este método de remoção é vantajoso porque requer um baixo esforço do mergulhador.

**[0030]** O mecanismo de travamento *por Dogs*, Figura 14, foi baseado na US005947642A, de propriedade da Petrobras, tendo como vantagem componentes sem requisitos especiais de fabricação, sendo esperado um adaptador (2) com menor custo de aquisição. A Figura 5 e a Figura 6 apresentam uma visão geral do mecanismo de travamento por *dogs* (18). A sua condição fechada, acoplado ao receptáculo (2) através da ranhura (7), é obtida automaticamente e a sua condição aberta é conseguida por mergulho raso com utilização de ferramenta.

**[0031]** De maneira resumida, a operação de *pull-in* com o mecanismo de travamento por *dogs* (18) pode ser visualizada na Figura 15. Quando o adaptador (2) estiver completamente assentado no receptáculo (8), o elemento elástico (19) executa o movimento de retorno do *dog* (18), posicionando-o dentro da ranhura (7), em sua posição final de operação.

**[0032]** Para a operação de *pull-out*, o mergulhador precisa efetuar mais operações do que em relação ao conceito de linguetas (16). Primeiramente, o mergulhador necessitará deslocar o elemento elástico (19) de forma que este deixe de contrapor o movimento de rotação do *dog* (18). Para isto, será necessário destravar e deslocar o elemento elástico (19) pela ranhura de formato oblongo e, por fim, travar o elemento elástico (19), de modo a impedi-lo de se mover. Tal procedimento está representado esquematicamente pela Figura 16.

**[0033]** As próximas etapas da operação de *pull-out* são apresentadas na Figura 17. Após a desativação do elemento elástico (19), o mergulhador efetua a rotação do *dog* (18), neste momento livre da força de reação do elemento

elástico (19). Embora não representado na Figura 17, o *dog* (18) pode dispor de olhal ou recurso semelhante para auxiliar o seu manuseio pelo mergulhador. Após retirar o dente do *dog* (18) da ranhura (7), o mergulhador trava o *dog* (18) de modo a evitar a sua rotação de retorno. Logo após é feita a movimentação do adaptador (2) para fora do receptáculo (8).

**[0034]** Há a possibilidade de ocorrer uma retenção (engripamento) do adaptador (2) no receptáculo (8), dificultando a remoção do mesmo em uma operação de *pull-out*. Esta retenção pode ocorrer, pois como o receptáculo (8) apresenta uma abertura frontal, o esforço cortante e o momento fletor provenientes do *riser* podem gerar uma deformação elástica na abertura circunferencial do receptáculo (8). Com esta deformação, o diâmetro interno do receptáculo (8) seria levemente ampliado, permitindo assim também um leve movimento descendente do adaptador (2). Com o alívio dos esforços do *riser*, o diâmetro interno do receptáculo (8) retornaria à sua dimensão original, porém o adaptador (2) não seria capaz de retornar para a sua posição original, proporcionando assim uma montagem por interferência entre estes componentes.

**[0035]** Desta forma, em caso de dificuldade de retirada do adaptador (2) em operações de *pull-out*, os mesmos furos utilizados para instalação dos cabos fusíveis (13) de *pull-in* poderiam ser utilizados para instalar um pistão hidráulico (20), aplicando uma grande força para remover o adaptador (2) do interior do receptáculo (8). A Figura 18 apresenta o conceito de retirada forçada do adaptador (2), sendo que a ponta de reação (21) atuaria sobre a ranhura do receptáculo (7).

**[0036]** Receptáculos (8) foram desenvolvidos para suportar *risers* rígidos, isto é, sua geometria está preparada para resistir às solicitações características deste tipo de interligação. A Figura 19 mostra uma vista em corte de receptáculo (8), podendo ser observado que todo o contato entre os componentes ocorre pelo dente do receptáculo (9), sendo que a superfície cônica lateral (10) possui apenas função de guia para o acoplamento da terminação de topo do *riser*.

Assim, toda a carga de tração é sustentada pelo dente do receptáculo (9) e, como há uma junta elastomérica, Figura 20, que fornece os graus de liberdade de rotação à *flexjoint*, baixas solicitações de momento fletor são transmitidas ao receptáculo (8). Desta forma, considerando ainda o atrito no contato, pressupõe-se que esta condição de suportação seja adequada para o fim a qual foi projetada. Devido às solicitações no riser rígido, pode haver um caso de carregamento em que a compressão entre a *Flexjoint/Stressjoint* e o receptáculo seja suprimida, havendo o risco de movimento vertical ascendente do riser rígido, o que pode causar danos no *spool* de união entre a *Flexjoint/Stressjoint* e as tubulações fixas na plataforma. O mecanismo de travamento proposto nesta invenção pode ser adaptado para impedir tal evento.

**[0037]** Por simplificação e falsa percepção de semelhança de soluções, poderia ser suposto que o adaptador (2) de *risers* flexíveis (1) poderia ter a mesma forma da *flexjoint*. Entretanto, é importante notar que as solicitações atuantes neste caso são bastante distintas. O adaptador (2) deve atuar globalmente no *riser* flexível (1) como uma boca de sino, isto é, deve ser responsável por suportar os esforços transversais do *riser*, sendo a carga de tração ancorada no *hang-off*, localizado no balcão superior.

**[0038]** Desta forma, a ausência de uma carga de tração, e conseqüentemente de um elevado esforço de contato com o dente do receptáculo (9), não é suficiente para tornar o adaptador (2) dinamicamente estável no receptáculo (8). Além disto, com a substituição da *flexjoint* por um *bend stiffener*, elevadas solicitações de momento fletor são transmitidas nesta suportação, o que aumenta o potencial de instabilidade desta solução geométrica.

**[0039]** Com o objetivo de encontrar a melhor geometria para o adaptador (2) de *risers* flexíveis (1), foram feitos estudos de estabilidade dinâmica de suportação de *risers* em receptáculos, considerando-se o tombamento e o escorregamento do adaptador (2) no receptáculo (8). Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que o adaptador (2) para *risers* flexíveis (1) não poderia ter

uma geometria idêntica à de uma *flexjoint*. Com a ausência da força de tração no receptáculo (8), uma baixa solitação transversal instabilizaria o adaptador (2).

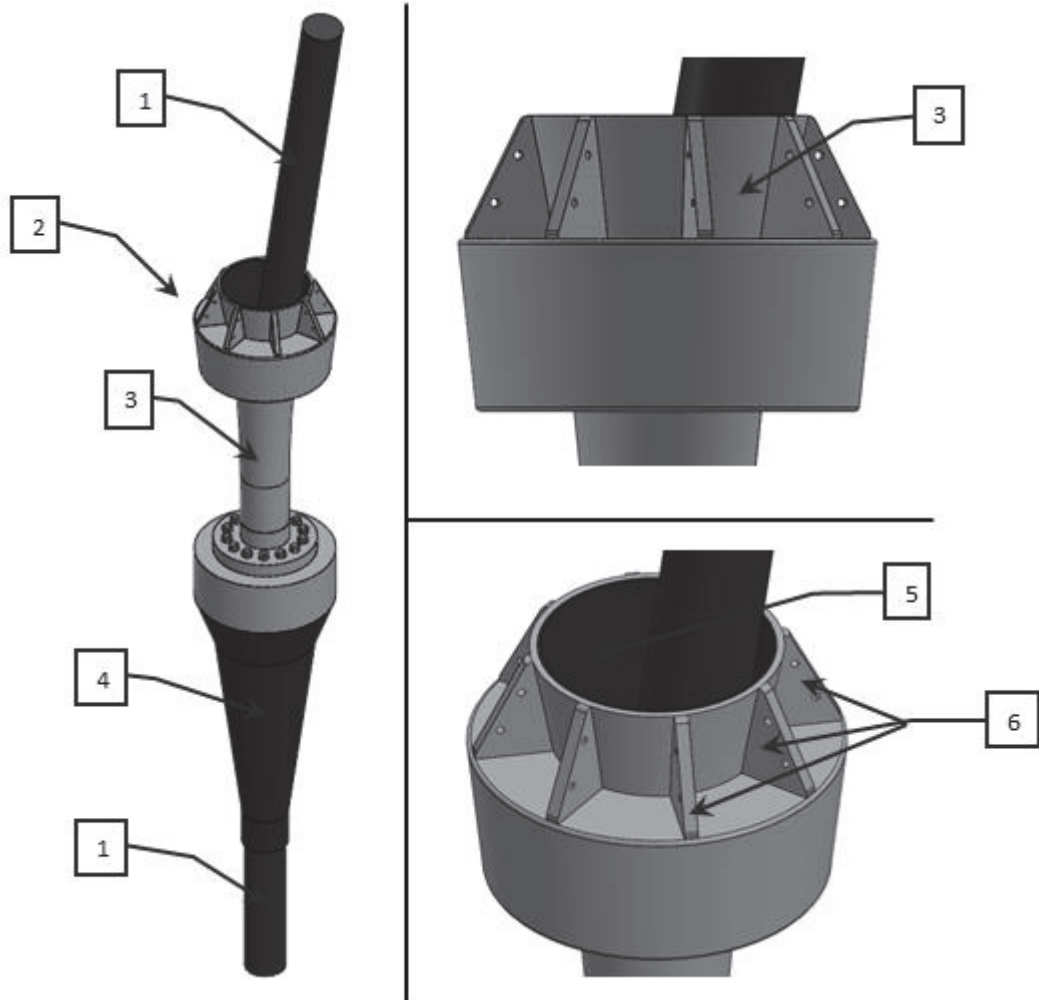
**[0040]** Avaliando-se a causa do insucesso de aplicação direta de geometria de uma *flexjoint* para o adaptador (2) de *risers* flexíveis (1), notou-se que esta configuração não apresentava superfícies de reação capazes de prover forças normais em sentidos opostos de forma a contrabalancear o esforço de momento fletor proveniente do *bend stiffener*. Com base nos resultados alcançados, concluiu-se que o *adaptador* (2) com geometria cônica é o mais adequado para acoplamento em receptáculos (8), sendo o dente (9) não necessário para o acoplamento de *risers* flexíveis (1), Figura 21.

### **Reivindicações**

- 1- SISTEMA PARA ACOPLAMENTO DE ENRIJECEDOR DE CURVATURA DESLIZANTE À RECEPTÁCULOS, caracterizado por compreender:
  - um adaptador (2) com trombeta (3), que redireciona o *riser* (1) com uma curvatura controlada para o *hang-off* revestida com um *liner* polimérico (5) e um cone elastomérico (4), suportado em um receptáculo (8).
- 2- SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela trombeta (3) possuir uma curvatura controlada para o *hang-off*.
- 3- SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela forma construtiva da trombeta (3) ser reforçada por nervuras (6).
- 4- SISTEMA, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelas nervuras (6) serem passíveis de conectarem os cabos fusíveis (13) ao *end fitting* (12) na operação de *pull-in*.
- 5- MÉTODO PARA ACOPLAMENTO DE ENRIJECEDOR DE CURVATURA DESLIZANTE À RECEPTÁCULOS utilizando o sistema definido na reivindicação 1, caracterizado por compreender as etapas de:
  - conectar o cabo principal de *pull-in* (11) ao *end fitting* (12) e suportar a carga vertical do *riser* e os cabos auxiliares (14) realizarem o puxamento lateral do adaptador (2);
  - assentar o adaptador (2) no receptáculo cônico (8);
  - descer o *end fitting* (12) e o adaptador (2) até que haja o travamento automático do adaptador (2) no receptáculo (8);
  - continuar a puxar o cabo principal de *pull-in* (11) até o rompimento dos cabos fusíveis (13);
  - puxar o *end fitting* (12) até o balcão superior da UEP, suportado pelo sistema de *hang-off*.
- 6- MÉTODO DE TRAVAMENTO DO ADAPTADOR (2) conforme definido na reivindicação 1, caracterizado pelo elemento elástico (17) executar os seguintes movimentos:
  - estender a lingueta (16);

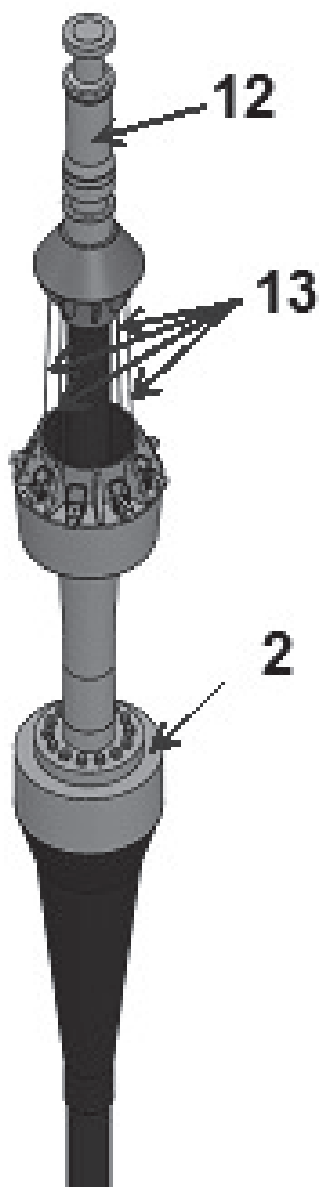
- posicioná-la dentro da ranhura (7) automaticamente, após o assentamento completo do adaptador (2) no receptáculo (8).
- 7- MÉTODO DE TRAVAMENTO, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo elemento elástico (19) executar o movimento de retorno do *dog* (18), posicionando-o dentro da ranhura (7) automaticamente, após o completo assentamento do adaptador (2) no receptáculo (8).
- 8- MÉTODO DE DESTRAVAMENTO caracterizado pela seguinte etapa:
- mergulhador operar a manopla (15) para deslocar todo o conjunto de travamento para fora da ranhura (7).
- 9- MÉTODO DE DESTRAVAMENTO, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo mergulhador:
- destravar e deslocar o elemento elástico (19) pela ranhura de formato oblongo e travar o elemento elástico (19);
  - rotacionar o *dog* (18) até sair da ranhura (7);
  - travar o *dog* (18);
  - movimentar o adaptador (2) para fora do receptáculo (8).
- 10- MÉTODO PARA DESPRENDER O ADAPTADOR (2), conforme definido na reivindicação 1, caracterizado por:
- utilizar um pistão hidráulico (20) para remover o adaptador (2) do interior do receptáculo (8).
- 11- MÉTODO PARA DESPRENDER, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado por utilizar os furos utilizados na etapa de instalação de cabos fusíveis (13) para instalar o pistão hidráulico (20).
- 12- MÉTODO DE SUPORTAÇÃO, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo receptáculo (8) suportar *risers* flexíveis através do adaptador (2) com geometria cônica e sem a presença de dente (9).
- 13-MÉTODO DE SUPORTAÇÃO para uso em *risers* rígidos de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo método de travamento evitar o risco de movimento vertical ascendente do *riser* rígido.

**Figura 1**

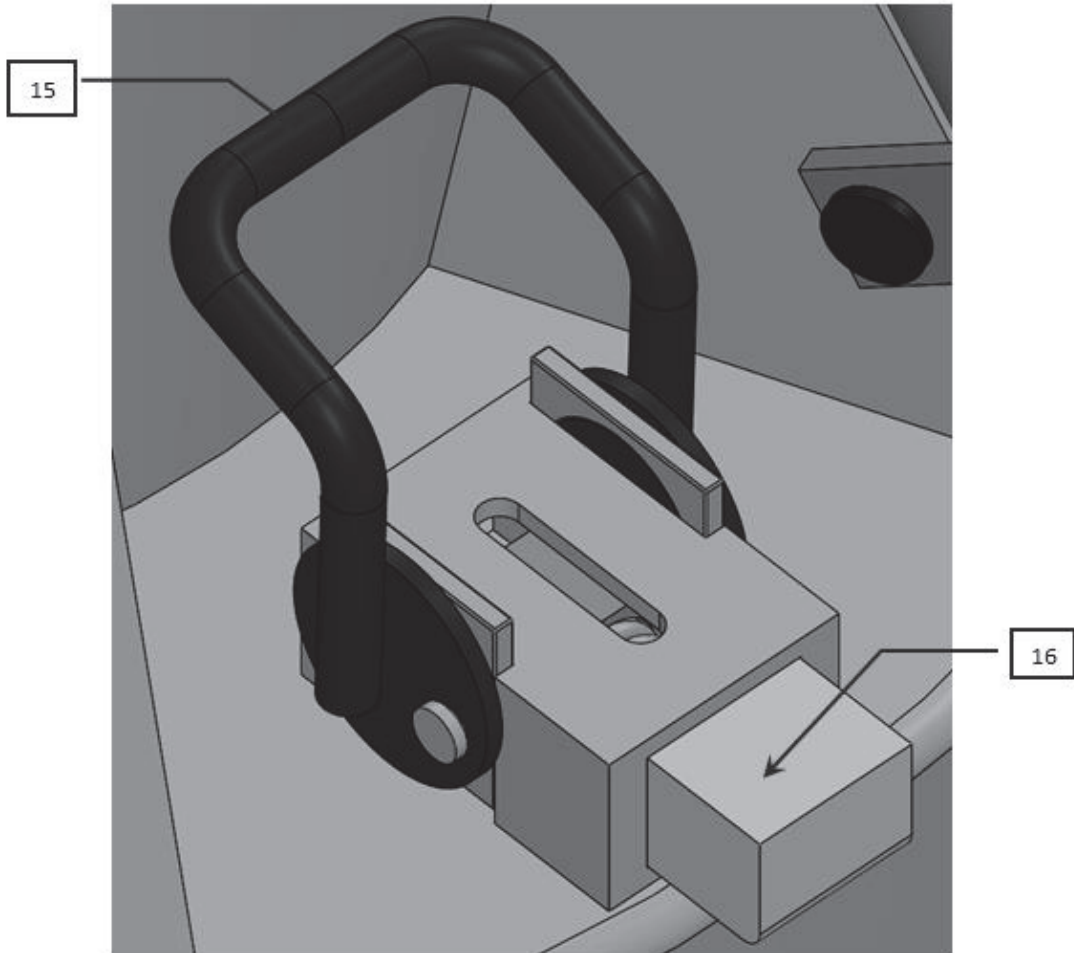




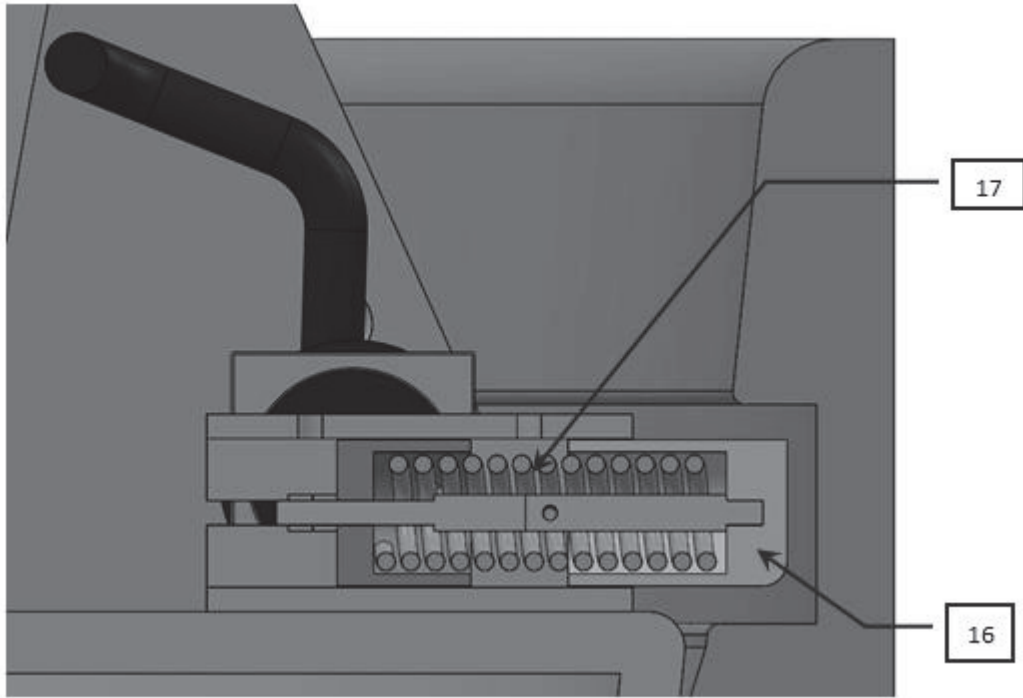
**Figura 2**



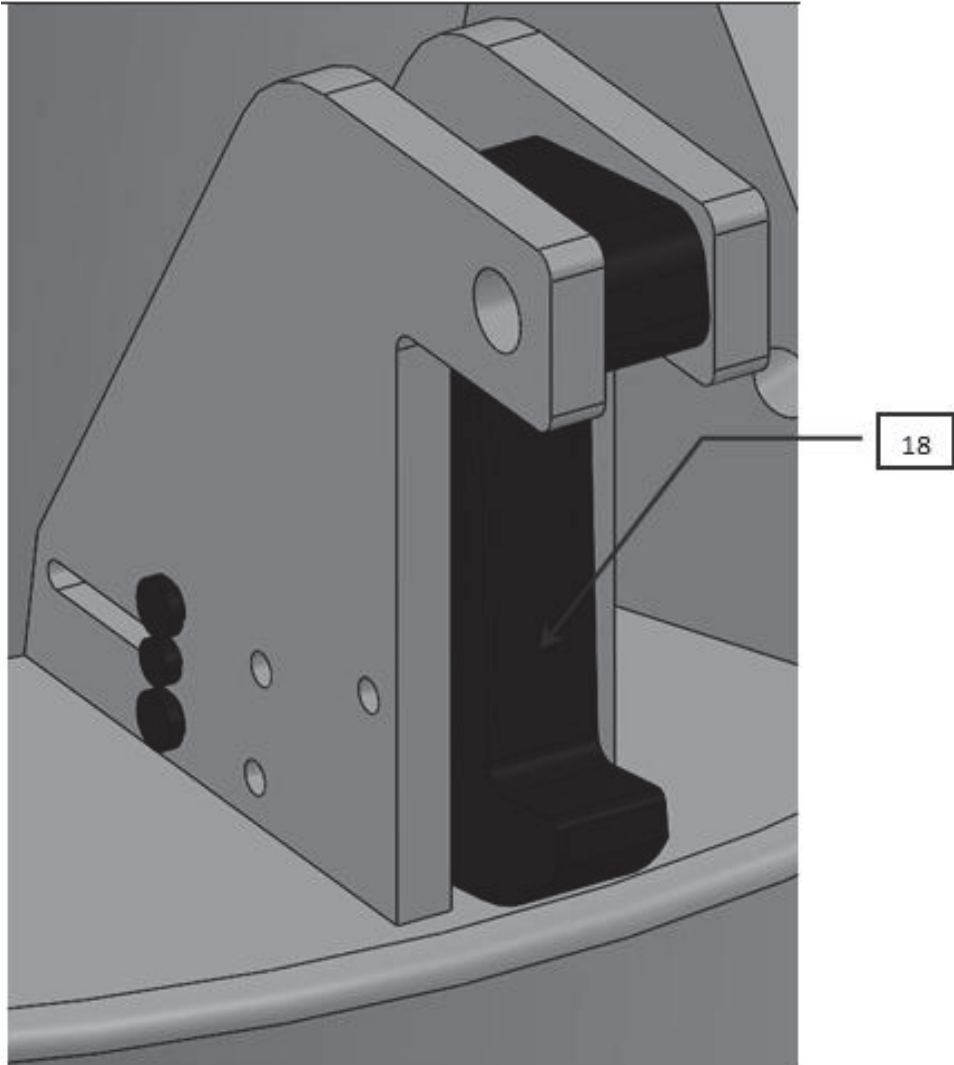
**Figura 3**



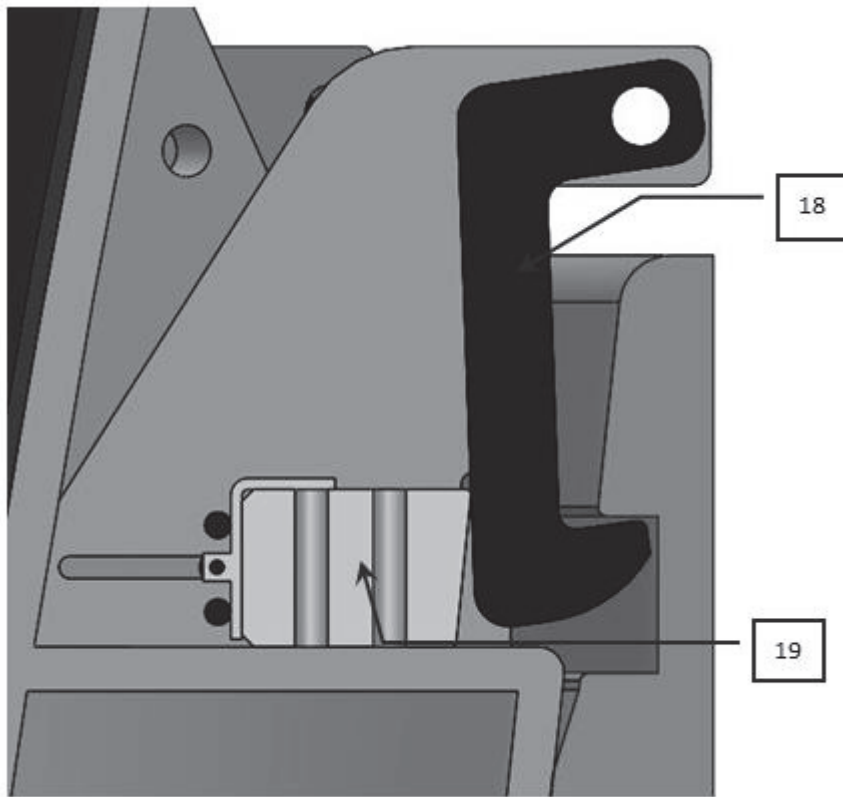
**Figura 4**



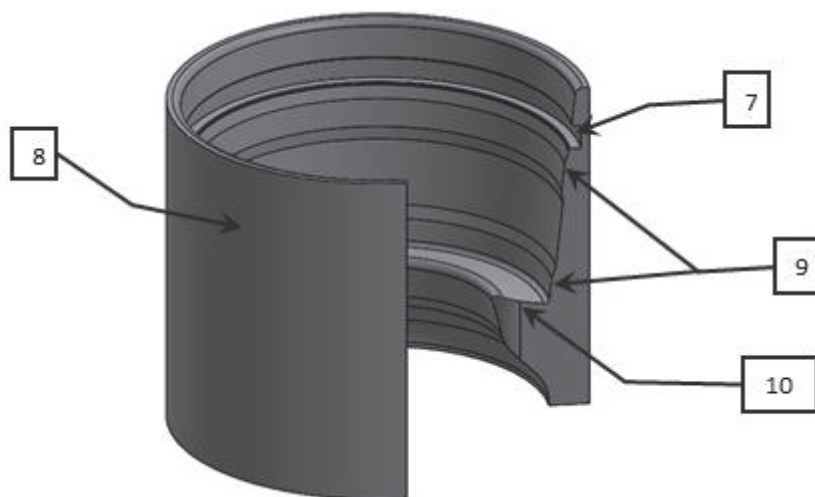
**Figura 5**



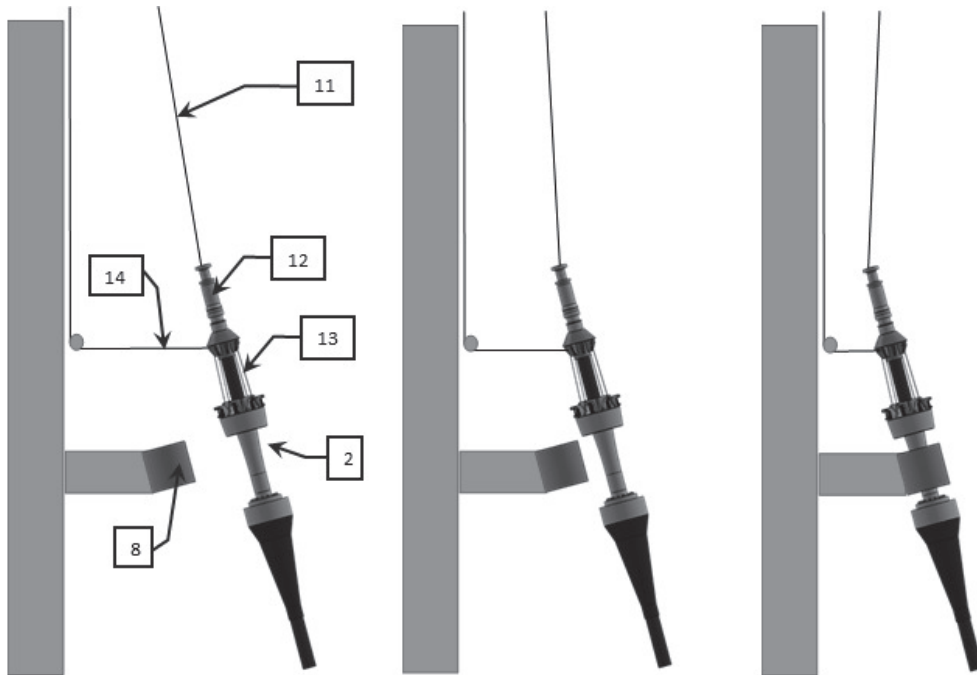
**Figura 6**



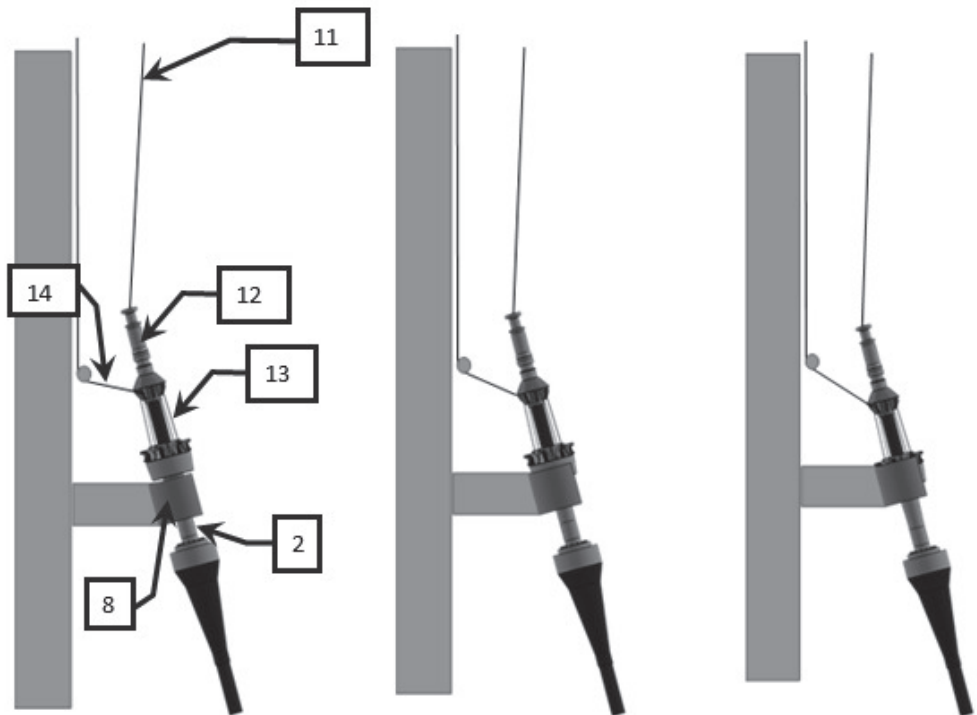
**Figura 7**



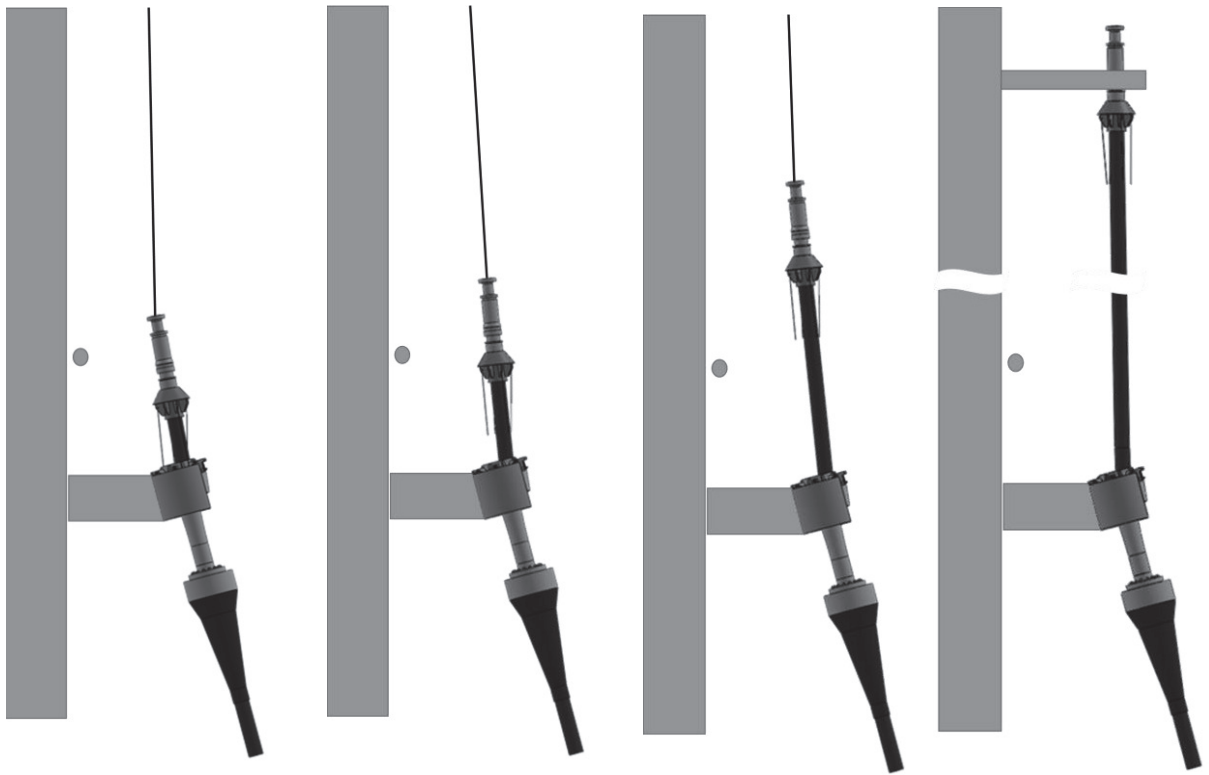
**Figura 8**



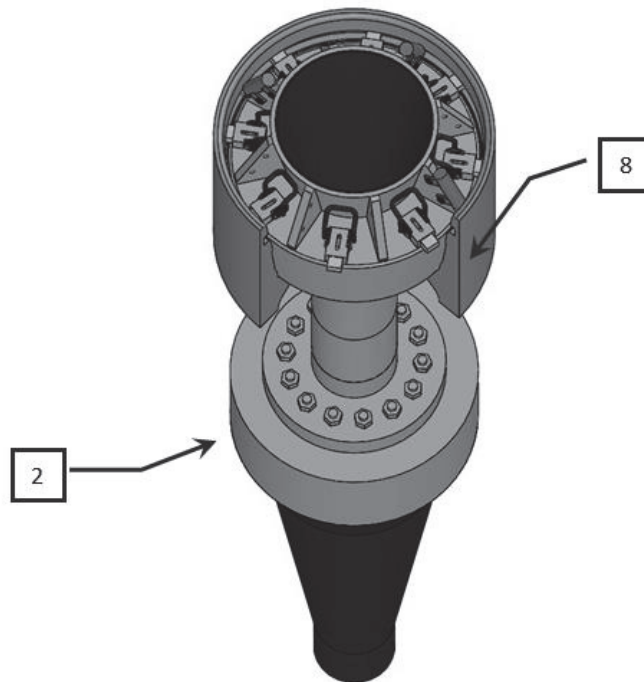
**Figura 9**



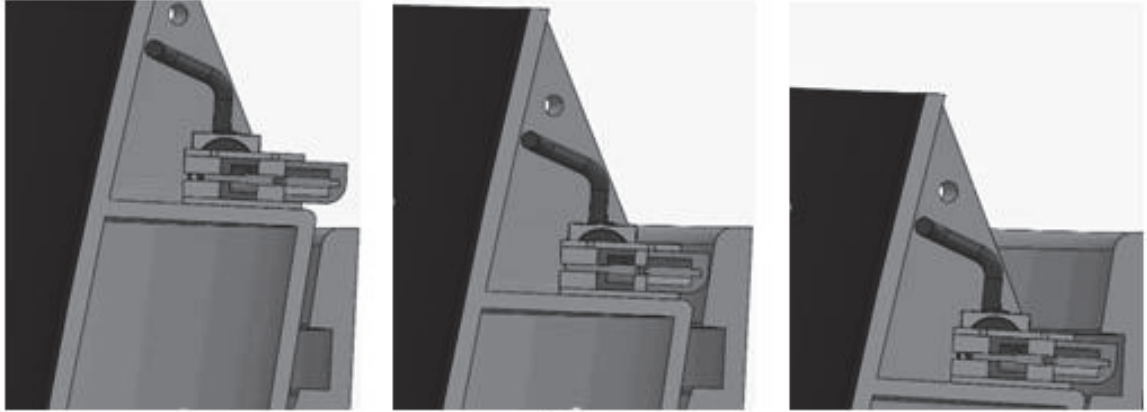
**Figura 10**



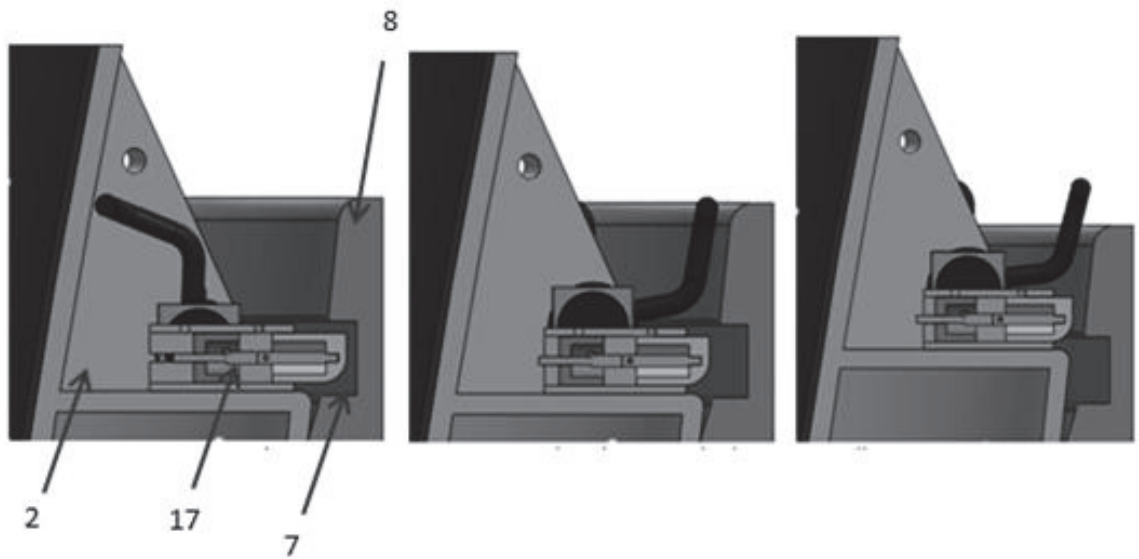
**Figura 11**



**Figura 12**

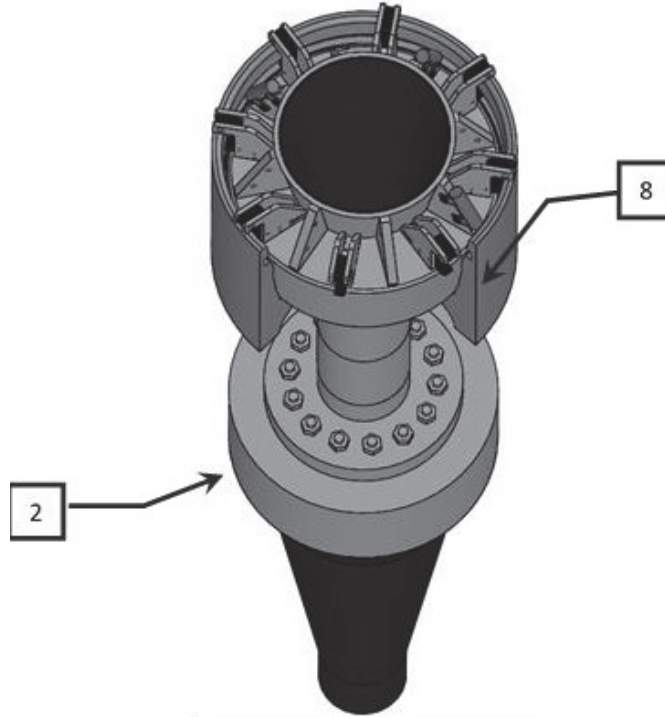


**Figura 13**

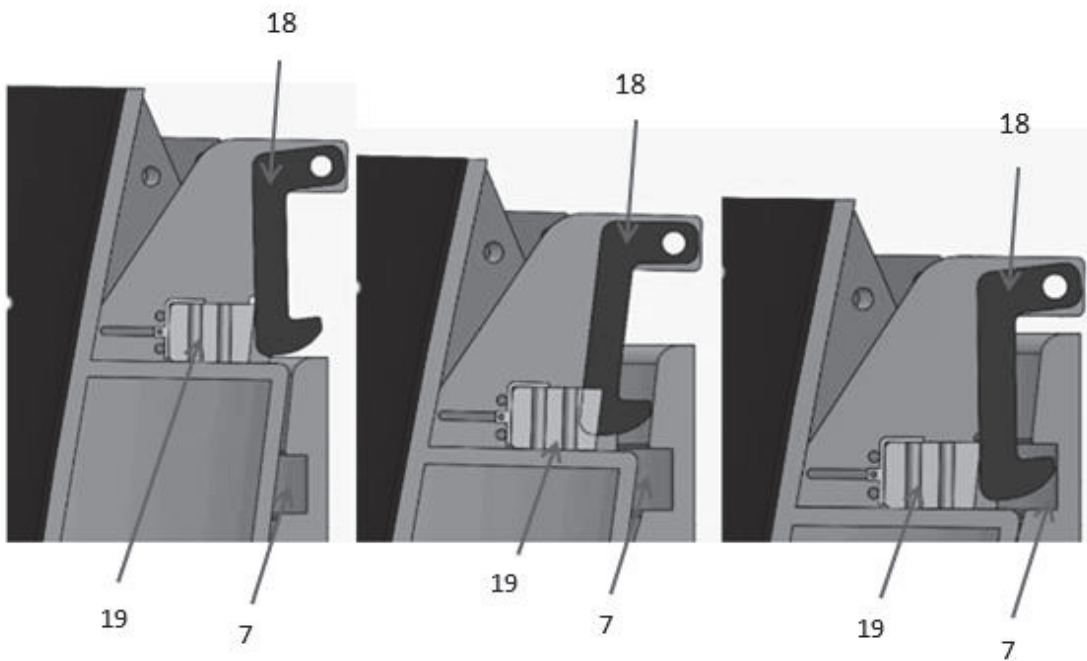




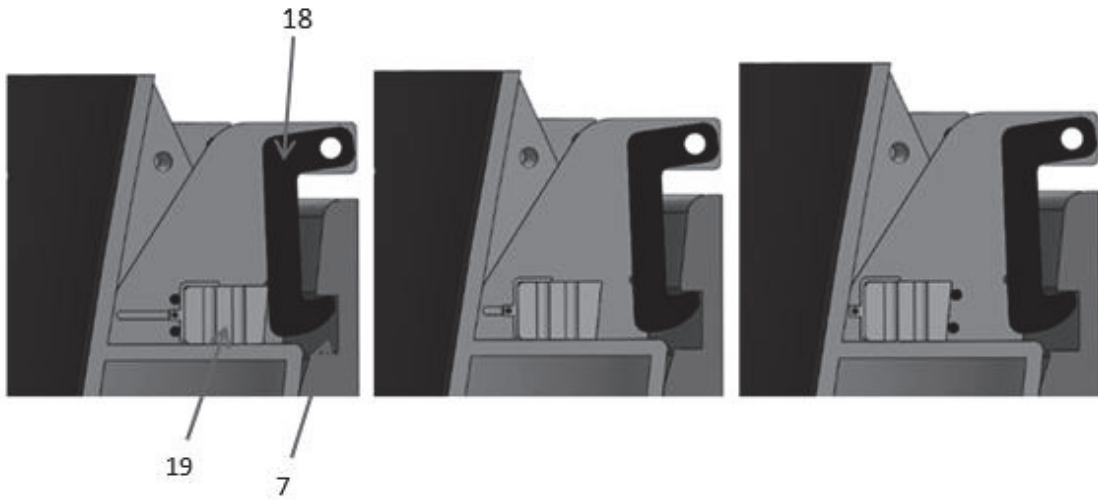
**Figura 14**



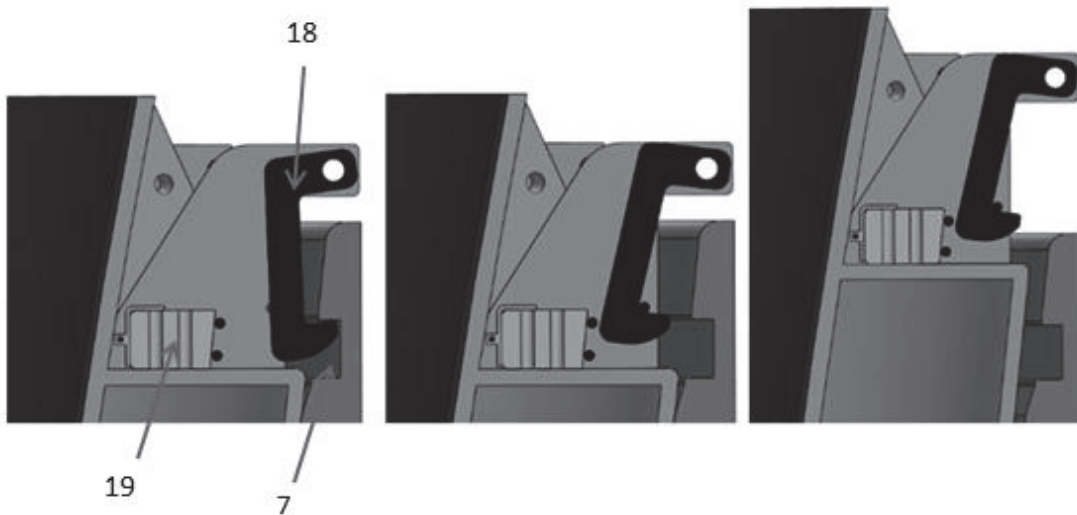
**Figura 15**

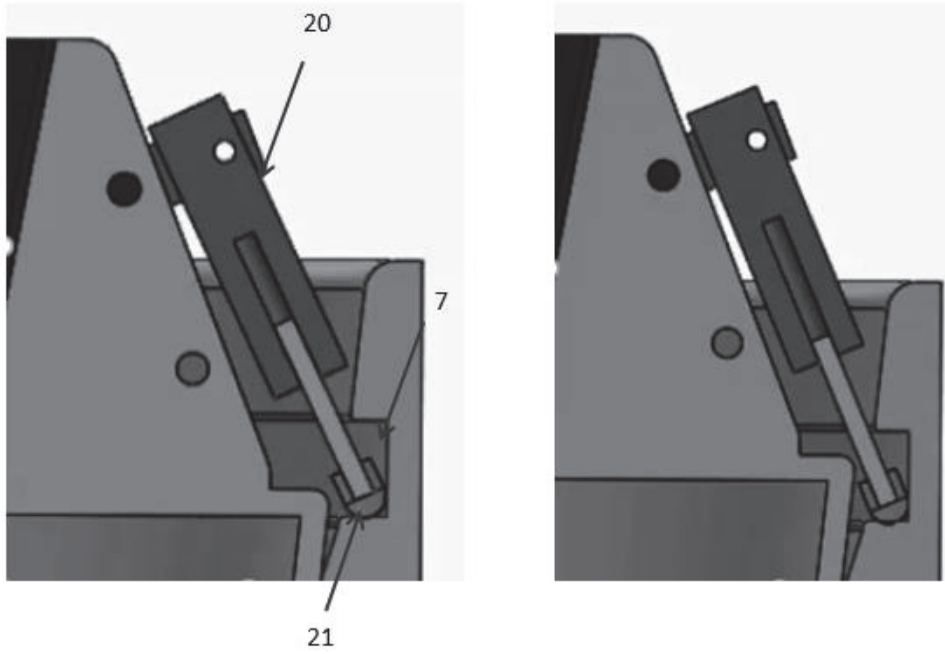
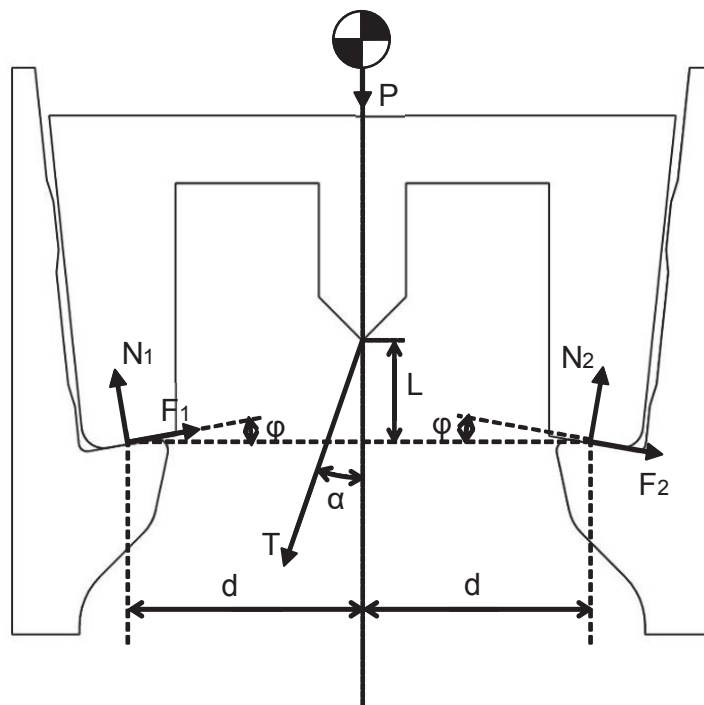


**Figura 16**

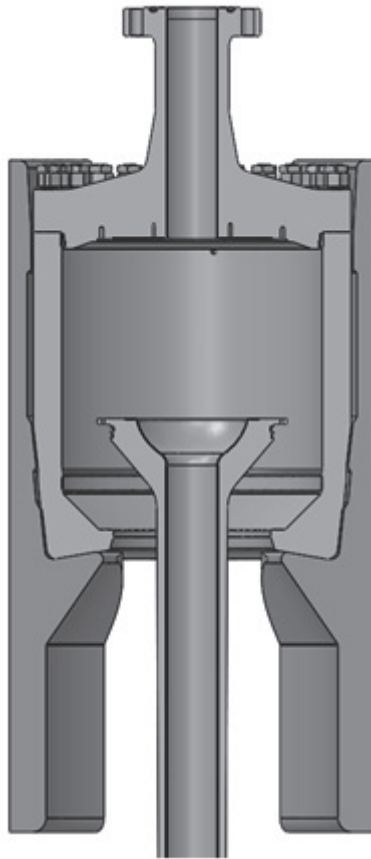


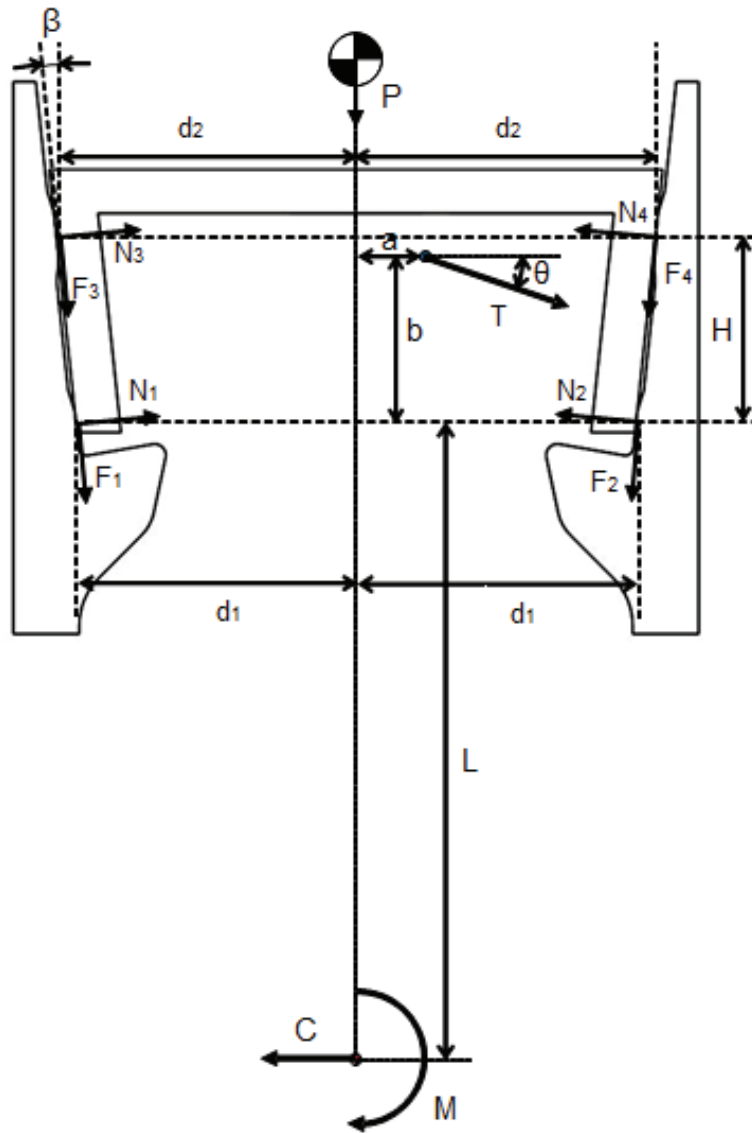
**Figura 17**



**Figura 18****Figura 19**

**Figura 20**



**Figura 21**

### Resumo

#### **“SISTEMA E MÉTODOS PARA ACOPLAMENTO DE ENRIJECEDOR DE CURVATURA DESLIZANTE À RECEPTÁCULOS”**

A presente invenção trata de um sistema de acoplamento de *riser* flexível em receptáculo cônico que ainda permite o deslizamento axial do *riser* e, portanto, mitigando os efeitos negativos da tradicional solução acoplada, como a tração e os esforços laterais que anteriormente eram transmitidos diretamente ao receptáculo. Um adaptador contendo o enrijecedor de curvatura substitui o capacete tipicamente adotado para o acoplamento do *riser* flexível em bocas de sino. A tração será ancorada próxima ao *deck* da plataforma e a flexão transmitida ao receptáculo cônico, semelhante ao que ocorre com *risers* flexíveis utilizando boca de sino. A presente invenção também elimina a necessidade de utilizar dois tipos de suportes de *risers*, visto que é possível suportar *risers* rígidos ou flexíveis neste. Além disso, permite a ligação entre *riser* flexível com o *topside* da UEP na condição emersa (sem mergulho) e a terminação do *riser* flexível ser emersa facilita a gestão da integridade.