



**MARINHA DO BRASIL  
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA  
DEPARTAMENTO DE ENSINO DE NÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DE NÁUTICA  
(APNT 2014)**



**ILLO PASSOS MARINHO**



**LANÇAMENTO DE DUTOS FLEXÍVEIS EM ÁGUAS PROFUNDAS**

**RIO DE JANEIRO  
2014**

**ILLO PASSOS MARINHO**

**LANÇAMENTO DE DUTOS FLEXÍVEIS EM ÁGUAS PROFUNDAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Capitão de Cabotagem do Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Náutica ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador(a): Monique Mota Martins.

**RIO DE JANEIRO  
2014**

**ILLO PASSOS MARINHO**

**LANÇAMENTO DE DUTOS FLEXÍVEIS EM ÁGUAS PROFUNDAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Capitão de Cabotagem do Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Náutica ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

**Aprovado pela Banca Examinadora em \_\_\_\_ de outubro de 2014.**

**Nota:\_\_\_\_\_**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Professora Orientadora Monique Mota Martins**

---

**Professora Doutora Cláudia Segadilha Adler**

---

**Professora Gabriela de Lima Bragança**

---

**Professor Marco Aurélio Faial Rodrigues**

À minha amada esposa.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Racional Superior, Deus, por toda as boas oportunidades postas em minha vida;  
Aos meus pais, por terem me dado o exemplo de família e caráter, além de todo apoio que necessitei;  
Meu irmão Glaucio, pela amizade e companheirismo;  
Meus colegas e amigos da GRANENERGIA que sempre me incentivaram a seguir adiante;  
Aos professores que ao longo do curso transmitiram seus conhecimentos, em especial à Professora Doutora Cláudia Adler e ao Comandante Paulo Roberto Valgas Lobo, que sempre com boas palavras souberam ensinar que o tamanho do esforço era proporcional ao tamanho da vitória;  
À minha Professora Orientadora Monique Mota Martins pela paciência e entusiasmo em todas as horas;  
Às amizades conquistadas durante o Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais de Náutica;  
À minha amada esposa, Alessandra, que em momento algum deixou de estar ao meu lado.

"Somos quem podemos ser, sonhos que podemos ter."  
(Humberto Gessinger)

## RESUMO

O grande desafio da exploração e produção de petróleo no Brasil é o desenvolvimento de tecnologias e conhecimentos suficientes para alcançar maiores profundidades de lamina d'água, onde se encontram a maior parte das reservas nacionais. Nesse cenário o duto flexível torna-se um componente fundamental, tendo em vista sua melhor adaptação às condições operacionais severas devido a grandes profundidades, variações de temperaturas, fortes correntes marinhas, ondas, ventos e movimentos da plataforma. Os dutos flexíveis são tubulações utilizadas para o transporte de petróleo, fluidos de injeção, gás ou determinados produtos químicos entre diversos equipamentos submersos e de superfície. Como características gerais destas estruturas destacam-se a alta flexibilidade, o que justifica o seu uso acoplado a estruturas complacentes e capacidade de ser armazenada em bobinas e carretéis, reduzindo o custo de transporte e instalação.

Neste trabalho iremos mostrar alguns processos relacionados aos dutos flexíveis desde a etapa de fabricação até o seu lançamento, abordando as características gerais e aplicações, suas configurações, os tipos, materiais mais utilizados e procedimentos de lançamento em águas profundas.

Palavras-chave: dutos flexíveis, fabricação, lançamento e águas profundas.

## **ABSTRACT**

The great challenge of oil exploration and production in Brazil is the development of technologies and knowledge to achieve greater depths of water, where the majority of the national reserves are found. At this scenario the flexible pipelines becomes a key component of better adaptation to harsh operating conditions due to great depths, temperature variations, strong ocean currents, waves, winds and platform's movements. The flexible pipelines are used to oil transportation, fluid injection, gas or chemicals transportation between various submerged and surface equipment. A general characteristics of these structures is its high flexibility, which justifies its use coupled to complacent structures and ability to be stored on reels and spools, reducing the transportation and installation cost.

In this paper we'll show some processes related to flexible pipelines from the stage of manufacturing to installation in the field, addressing the general characteristics and applications, types, most commonly used materials and procedures for laying in deep waters.

Keywords: flexible pipelines, manufacture, launch and deepwater.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - ARRANJO SUBMARINO TÍPICO DE EXPLORAÇÃO.....	16
FIGURA 2 - FLUTUADORES INSTALADOS NO DUTO FLEXÍVEL.....	17
FIGURA 3 - CONFIGURAÇÕES DOS DUTOS FLEXÍVEIS. ....	18
FIGURA 4 - DUTO FLEXÍVEL COM ESTRUTURA <i>BONDED</i> .....	19
FIGURA 5 - DUTO FLEXÍVEL COM ESTRUTURA <i>UNBONDED</i> .....	20
FIGURA 6 - ESTRUTURA <i>SMOOTH BORE</i> . ....	21
FIGURA 7 - ESBOÇO DA CAMADA ZETA EM CORTE. ....	23
FIGURA 8 - GAIOLA DE PASSARINHO. ....	23
FIGURA 9 - ESTRUTURA <i>ROUGH BORE</i> . ....	24
FIGURA 10 - FABRICAÇÃO DA CARÇAÇA DE ESTRUTURA <i>ROUGH BORE</i> .....	25
FIGURA 11 - MÁQUINA DE ESPIRALAMENTO. ....	27
FIGURA 12 - PERFIL DA CARÇAÇA. ....	28
FIGURA 13 - DUTO ACONDICIONADO EM BOBINA.....	30
FIGURA 14 - DUTO ACONDICIONADO EM CESTA.....	30
FIGURA 15 - ARMAZENAMENTO DE BOBINAS NO PÁTIO. ....	31
FIGURA 16 - PLSV DE INSTALAÇÃO VERTICAL.....	33
FIGURA 17 - PLSV DE INSTALAÇÃO HORIZONTAL.....	33
FIGURA 18 - INSTALAÇÃO DE UM FLOWLINE.....	35
FIGURA 19 - INSTALAÇÃO DE UM DUTO FLEXÍVEL COMO <i>J-TUBE</i> .....	36
FIGURA 20 - <i>RISER</i> NA CONFIGURAÇÃO <i>LAZY-S</i> .....	37
FIGURA 21 - <i>RISER</i> NA CONFIGURAÇÃO <i>STEEP-S</i> .....	38
FIGURA 22 - <i>RISER</i> NA CONFIGURAÇÃO <i>LAZY WAVE</i> . ....	39
FIGURA 23 - <i>RISER</i> NA CONFIGURAÇÃO <i>STEEP WAVE</i> . ....	40
FIGURA 24 - <i>RISER</i> NA CONFIGURAÇÃO CATENÁRIA LIVRE. ....	41
FIGURA 25 - SKID ROLLER COM BOBINA.....	42
FIGURA 26 - TRACIONADOR. ....	43
FIGURA 27 - COLAR MECÂNICO EM DETALHE E SUSPENSO SOBRE A MESA DE TRABALHO.....	44

FIGURA 28 - COLAR ELEVADOR EM DETALHE E SENDO INSTALADO EM DUTO. .....	45
FIGURA 29 - MANINLHA HIDROACÚSTICA EM DETALHE. ....	46
FIGURA 30 - CONFIGURAÇÃO DE PLSV COM SISTEMA HLS. ....	47
FIGURA 31 - TÍPICO ARRANJO DE UM SISTEMA VLS. ....	48
FIGURA 32 - TILTABLE LAYING SYSTEM. ....	49
FIGURA 33 - LINHA FLEXÍVEL ENTRE AS LAGARTAS. ....	50
FIGURA 34 - TRACIONADOR CLAMPEADO. ....	51
FIGURA 35 - LINHA FLEXÍVEL APOIADA NA MESA DE TRABALHO. ....	52

## LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

ANM – Árvore de Natal Molhada.

API – Instituto Americano de Petróleo, do inglês American Petroleum Institute.

CAPEX - Investimento para a implementação de um projeto, do inglês Capital Expenditure.

LDA – Lâmina de Água ou profundidade do ponto em referência.

MCV – Módulo de Conexão Vertical.

OPEX - Investimento para operação e manutenção de um projeto, do inglês Operation Expenditure.

PLEM – Manifold submarino que se interliga a uma monobóia, do inglês **P**ipe **L**ine **E**nd **M**anifold.

PLET – Extremidade da linha conectada ao manifold, do inglês **P**ipe **L**ine **E**nd **T**erminal.

PLSV – Navio de suporte para lançamento de linhas, do inglês **P**ipe **L**ay **S**upport **V**essel.

ROV – Veículo submersível operado remotamente, do inglês **R**emote **O**perated **V**ehicle.

SCM – Módulo de controle submarino, do inglês **S**ubmarine **C**ontrol **M**odule.

SS – Plataformas semi-submersível, do inglês **S**emi-**S**ubmersible

TDP – Ponto onde uma linha de ancoragem, um duto ou um umbilical toca o solo marinho, do inglês **T**ouch **D**own **P**oint.

UEP – Unidade Estacionária de Produção.

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2 CARACTERÍSTICAS E CONFIGURAÇÕES DE DUTOS FLEXÍVEIS</b> .....	<b>15</b>
2.1 CONFIGURAÇÕES DE DUTOS FLEXÍVEIS.....	16
2.1.1 <i>Flowlines</i> .....	17
2.1.2 <i>Jumpers</i> .....	18
2.1.3 <i>Risers</i> .....	18
<b>3 ESTRUTURA DO DUTO FLEXÍVEL</b> .....	<b>19</b>
3.1 CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM O PROCESSO CONSTRUTIVO .....	19
3.2 CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM A CAMADA INTERNA DO DUTO .....	20
3.2.1 Estruturas <i>Smooth Bore</i> (Interior liso).....	21
3.2.2 Estruturas <i>Rough Bore</i> (Interior rugoso).....	24
<b>4 FABRICAÇÃO, MANIPULAÇÃO E TRANSPORTE DE FLEXÍVEIS</b> .....	<b>27</b>
4.1 A MÁQUINA DE ESPIRALAMENTO .....	27
4.3 MANIPULAÇÃO.....	31
<b>5 PROCEDIMENTOS DE LANÇAMENTO DE DUTOS FLEXÍVEIS</b> .....	<b>33</b>
5.1 PROCEDIMENTO DE INSTALAÇÃO DE UM FLOWLINE .....	35
5.2 PROCEDIMENTO DE INSTALAÇÃO DE UM J-TUBE .....	36
5.3 PROCEDIMENTO DE INSTALAÇÃO DE UM RISER.....	37
5.3.1 Configuração <i>Lazy-S</i> .....	37
5.3.2 Configuração <i>Steep-S</i> .....	38
5.3.3 Configuração <i>Lazy Wave</i> .....	39
5.3.4 Configuração <i>Steep Wave</i> .....	40
5.3.5 Configuração Catenária Livre .....	41
<b>6 SISTEMAS DE LANÇAMENTO</b> .....	<b>42</b>
6.1 EQUIPAMENTOS.....	42
6.1.1 Bases Rotativas ( <i>Skid roller</i> ).....	42
6.1.3 Colar Mecânico.....	44
6.1.4 Colar Elevador .....	44
6.1.5 Manilha hidroacústica.....	45
6.2 MÉTODOS DE LANÇAMENTO.....	46

6.3 SEQUÊNCIA DE OPERAÇÃO .....	49
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As recentes descobertas de grandes acúmulos de petróleo e gás no Brasil ocorreram principalmente em águas profundas e ultraprofundas. A comprovação destas reservas marca apenas o início do enorme desafio representado pela exploração destes recursos naturais num ambiente tão complexo.

Um dos pontos cruciais desse desafio consiste em retirar os hidrocarbonetos dos poços e escoá-los através de dutos até as unidades estacionárias de produção (UEPs) localizadas na superfície, e, após o tratamento em separadores, exportá-los para o refino em terra. São nestas etapas que as características ambientais afetam de forma importante a operação destas Unidades Marítimas (HOWELS e HATTON, 1997).

Condições meteorológicas e oceânicas adversas à que estão expostas todas as estruturas e equipamentos tornam, segundo Chakrabarti (2005), tanto a construção, quanto a instalação caras e complexas. Lâminas d'água (LDAs) entre 300 e 3000m impõem a necessidade de unidades de produção flutuantes, sujeitando os dutos aos movimentos causados por ondas e correntes. As grandes variações de pressão e temperatura afetam diretamente resistência destes dutos, além do regime de escoamento dos fluidos produzidos (LIMA, 2007).

A parte destes dutos que mais sofre com o rigor destes efeitos é o *riser*<sup>1</sup>, o trecho dinâmico que liga o leito marinho a UEP na superfície. Ao contrário da parte estática, chamada de *flowline*<sup>2</sup>, que após sua instalação no fundo do mar não fica tão exposta a estes esforços. Por esta razão, os sistemas de dutos flexíveis para águas profundas devem ser robustos o suficiente para resistir aos esforços ambientais e operacionais, terem ainda características de bom isolamento térmico, resistência

---

<sup>1</sup> *riser* – linha flexível projetada para trabalhar com esforços submarinos dinâmicos, com uma das extremidades suspensa, e outra conectada a uma linha de fluxo (SUBSEABRASIL, 2014).

<sup>2</sup> *flowline* (Linha de fluxo) – linha flexível para transporte de fluidos. Interliga instalações submarinas de produção, trabalhando em regime estático, assentada sobre o leito marinho (SUBSEABRASIL, 2014).

contra corrosão e possibilidade de serem inspecionados periodicamente para atender a sua vida útil. Outro ponto importante é que por serem ligados obrigatoriamente a uma unidade flutuante, os carregamentos provenientes dos movimentos ocasionados por ondas e correntes devem ser considerados e o dimensionamento destes sistemas vinculado à carga que a unidade foi projetada para sustentar.

Com base no conhecimento acumulado e na experiência bem sucedida da Petrobras no desenvolvimento de campos em águas profundas na Bacia de Campos, os dutos flexíveis foram identificados como sendo uma alternativa promissora para os novos desafios (COOPETROLEO, 2014).

De acordo com o mesmo site, os projetos de investimento de E&P<sup>3</sup> devem ser cada vez mais bem detalhados em todas as suas fases e dispõem de menos tempo para sua implantação. A determinação, com precisão, de um número menor de alternativas a serem submetidas às etapas posteriores de análises estruturais e *design* se torna extremamente importante para economia de recursos e antecipação dos riscos de instalação, levando em consideração na sua seleção as características da unidade de produção bem como suas capacidades, condições ambientais e marinhas, exigências quanto à função e operação do sistema, as facilidades de construção e instalação destes equipamentos, sua interação com o meio ambiente e segurança operacional e por fim, seus custos de investimento(CAPEX) e operação(OPEX), o que dependerá dos critérios minuciosos, que deverão ser rigorosamente respeitados a partir do momento da fabricação de cada estrutura componente do duto até o momento de sua instalação.

---

<sup>3</sup> E&P - Exploração e produção (SUBSEABRASIL, 2014).

## 2 CARACTERÍSTICAS E CONFIGURAÇÕES DE DUTOS FLEXÍVEIS

O sistema de dutos flexíveis é parte importante para o desenvolvimento do *campo*<sup>4</sup>, podendo influenciar ou ser influenciado pelo projeto e especificação de outros componentes. Aspectos da estratégia de desenvolvimento que podem influenciar o sistema de dutos flexíveis incluem uma distribuição de campo e tipo de unidade de produção (plataforma, navio, incluindo a localização do *turret*<sup>5</sup>, semi-submersível, etc.).

Dois aspectos devem ser abordados: o sistema de dutos flexíveis e os dutos flexíveis dentro desse sistema. Os parâmetros relevantes precisam ser considerados, bem como as interações entre o projeto do duto e o projeto do sistema. Para definir com precisão todos os parâmetros relevantes, a interação entre o comprador e o fabricante é fundamental na fase inicial do projeto.

Esses dutos são aplicados de três formas distintas: *risers*, *flowlines* ou *jumpers*<sup>6</sup>. De acordo com a API RP 17B, 2014, o projeto de um duto flexível deve ter como objetivo atender aos seguintes requisitos:

- Grande resistência à tração;
- Rigidez à flexão relativamente pequena, viabilizando o "bobinamento";
- Capacidade de resistir e ter seu peso suportado durante seu lançamento;
- Capacidade de acomodar movimentos naturais ao lançamento, ao serviço e à desmobilização, assim como a capacidade de respondê-los amortecendo suficientemente as vibrações;
- Suportar condições internas severas, tais como alto teor de H<sub>2</sub>S;
- Resistir à pressões internas e a esforços de rápida despressurização.

---

<sup>4</sup> *campo* - Área produtora de petróleo ou gás natural a partir de um reservatório contínuo ou de mais de um reservatório, a profundidades variáveis, abrangendo instalações e equipamentos destinados à produção (SUBSEABRASIL, 2014).

<sup>5</sup> *turret* - Sistema que permite que o navio gire livremente ao redor do ponto de ancoragem (DE SOUZA, 2010).

<sup>6</sup> *jumper* - Sistema de conexão suspenso e de pequeno comprimento (SUBSEABRASIL, 2014).



## 2.1 CONFIGURAÇÕES DE DUTOS FLEXÍVEIS

Através da Figura 1 pode-se visualizar um cenário submarino de exploração característico. Observam-se dutos flexíveis assentados no leito marinho, linhas que interligam os equipamentos submersos aos de superfície e linhas que podem fazer interligação para equipamentos de superfície.

Figura 1 - Arranjo submarino típico de exploração.



Fonte: TECPETRO, 2014.

As aplicações dinâmicas de linhas flexíveis geralmente acontecem quando estas interligam pontos entre unidades de produção e equipamentos submarinos. Movimentos relativos entre esses pontos ocorrem devido a forças que são representadas por carregamentos oriundos de condições ambientais, tais como ventos, correntes marinhas e irregularidades no fundo. Essas solicitações são transmitidas às linhas dificultando a operação em águas profundas. Para a solução desses problemas ou a diminuição dos efeitos causados por essas forças, são utilizadas configurações de *risers* específicas.

Configurações em catenária são assumidas em diversos cenários. A configuração mais simples e barata é a catenária livre (*free hanging*), mas que pode gerar grandes problemas devido aos esforços nas conexões com a unidade de produção ( FERNANDEZ ET ALLI, 2003).

Com o intuito de reduzir esses esforços poderão ser instalados flutuadores ou bóias nas seções intermediárias do *riser*, desta forma, o empuxo provocado por esses elementos alivia o peso suportado pelo sistema flutuante, e quando sob solicitações laterais, contribui com movimentos restauradores, como pode ser observado na Figura 2.

**Figura 2 - Flutuadores instalados no duto flexível**



**Fonte: DE SOUZA, 2010.**

### **2.1.1 Flowlines**

São denominados *flowlines* os dutos flexíveis que, depois de instalados, ficam apoiados no fundo e são responsáveis pela ligação entre o poço<sup>7</sup> e o *manifold*<sup>8</sup> ou

---

<sup>7</sup>poço - Termo utilizado para qualquer perfuração na superfície terrestre ou marinha utilizada para produção de petróleo ou gás natural. (SUBSEABRASIL, 2014).

<sup>8</sup>manifold - equipamentos cuja função é coletar o óleo produzido por vários poços produtores e/ou injetar água em poços injetores.(JUNIOR, 2010).

plataforma e não sofrem solicitações cíclicas, além de possuírem um comportamento considerado basicamente estático, contudo, sofrem a influência de correntes de fundo e ação de forças tectônicas, cujo efeito deverá ser avaliado no início do projeto no estudo da estabilidade do solo marinho onde o duto será instalado (DE SOUZA, 2010).

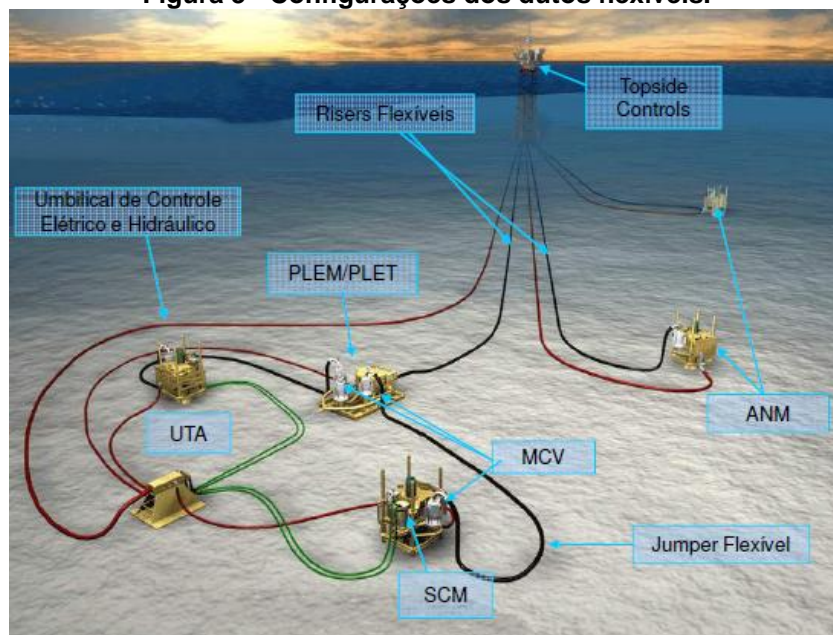
### 2.1.2 Jumpers

É chamado de *jumper* a configuração de um duto flexível de pequeno comprimento que forma uma catenária suspensa, como por exemplo a ligação entre uma árvore de natal molhada (ANM) ao *manifold* (DE SOUZA, 2010).

### 2.1.3 Risers

*Riser* é o duto flexível que após instalado encontra-se na parte dinâmica sob ação de correntes e movimentos da unidade flutuante. É utilizado na produção e / ou injeção, conectando ANMs ou um coletor à unidade de produção. É também utilizado na perfuração, completação ou como um coletor de água e com comprimento correspondente à aproximadamente até duas vezes a lâmina d'água dependendo da configuração adotada (DE SOUZA, 2010).

**Figura 3 - Configurações dos dutos flexíveis.**



Fonte: JUNIOR, 2011.

### 3 ESTRUTURA DO DUTO FLEXIVEL

Os dutos flexíveis levam uma grande vantagem sobre os dutos rígidos quando comparados dinamicamente. O duto flexível possui camadas metálicas e camadas plásticas sobrepostas, e estas, por sua vez, movimentam-se relativamente de acordo com o esforço aplicado à linha.

Tal fato possibilita que o flexível possa atingir grandes curvaturas, quando comparados aos dutos rígidos (FERNANDEZ ET ALLI, 2003).

Os dutos flexíveis podem ser classificados de acordo com seu processo construtivo ou sua camada interna.

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM O PROCESSO CONSTRUTIVO

Os dutos flexíveis podem ser do tipo *bonded* ou vulcanizados (camadas aderentes), os quais possuem camadas coladas umas nas outras como num processo de vulcanização. Isso faz com que as camadas atuem de maneira uniforme, ou seja, como uma única camada, conforme pode ser observado na Figura 4.

**Figura 4 - Duto flexível com estrutura *bonded*.**



Fonte: SIMONSEN, 2011.

Em contra partida, os dutos flexíveis também podem ser do tipo *unbonded* ou independentes (camadas não aderentes), aqueles que possuem suas camadas em contato com as adjacentes de tal forma que o movimento relativo entre as mesmas seja permitido, conforme Figura 5.

**Figura 5 - Duto flexível com estrutura *unbonded*.**



Fonte: LIMA ET ALLI, 2008.

### **3.2 CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM A CAMADA INTERNA DO DUTO**

Os dutos flexíveis são estruturas constituídas de camadas cilíndricas poliméricas e camadas metálicas dispostas em helicoides, cada uma com características geométricas e físicas específicas.

As camadas poliméricas têm função de vedação, ou seja, mantêm o fluido em seu interior, e podem auxiliar no isolamento térmico e na redução de fricção.

As camadas helicoidais metálicas, também denominadas de armaduras, representam as principais características estruturais, essas armaduras consistem em arames ou tiras metálicas enroladas helicoidalmente sobre um núcleo polimérico.

Para o projeto de um duto flexível, devem-se levar em conta diversos fatores. Primeiramente é necessário ter conhecimento de qual aplicação terá esse flexível (exportação de petróleo, gás *lift*, produção, etc.), qual será o seu diâmetro interno, qual profundidade do poço e a vida útil que a linha deverá ter. Leva-se em consideração ainda os tipos de fluidos que serão transportados, qual sua pressão e temperatura, sua composição molar, teor de H<sub>2</sub>S (Gás Sulfídrico), pressão de CO<sub>2</sub> (Gás Carbônico), densidade do fluido e outros (API RP 17B, 2014).

As condições ambientais em que os dutos flexíveis estarão sujeitos, principalmente referente às velocidades das correntes marítimas em função da profundidade do duto também devem ser observadas no projeto, e, de acordo com a aplicação do duto flexível, podemos dividi-los em dois grupos: os *Smooth Bore* e os *Rough Bore* (DE SOUZA, 2010).

### 3.2.1 Estruturas *Smooth Bore*(Interior liso)

Um duto flexível do tipo *Smooth Bore* possui um duto termoplástico interno. Esse tipo de duto é usado para transportar produtos líquidos que não apresentem gases em sal composição (água, produtos químicos, óleo, etc.). A Figura 6 mostra uma estrutura *Smooth Bore*.

Figura 6 - Estrutura *Smooth Bore*.



Fonte: DE SOUZA, 2010.

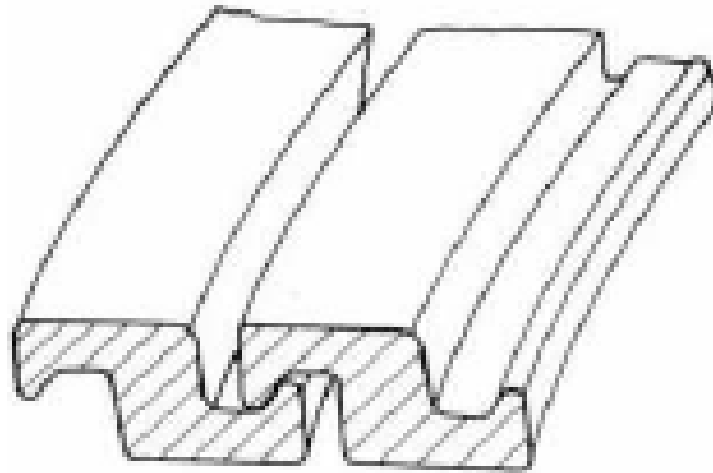
Um típico *Smooth Bore* é composto pelas seguintes camadas:

- a) Camada termoplástica interna (camada de pressão) – Esta camada é manufaturada numa máquina extrusora e tem a função de não permitir vazamentos. Na sua confecção é utilizado polietileno de média densidade (PE);
- b) Camada Zeta – As funções básicas dessa camada são de resistir ao efeito radial da pressão interna, à carga radial externa devido à pressão hidrostática e ao encolhimento das camadas de armagem. Esse espiralado é manufaturado enrolando uma fita de aço com perfil em forma de Z encobrendo a camada termoplástica interna, isso permite um melhor intertravamento das espirais adjacentes, formando um suporte uniforme, reduzindo assim os espaços entre as espirais. Os materiais utilizados são aços carbonos de baixa e média concentração como o FM 15 e FM 35.
- c) Camada termoplástica intermediária – Reduz a fricção entre as camadas de aço, atua como isolante térmico e oferece resistência ao colapso do duto flexível. Essa camada é desnecessária quando tratamos de um duto *flowline*, visto que nesse caso o duto fica na horizontal com ação dinâmica insignificante;
- d) Dupla camada de armagem – São duas camadas de fios chatos entrelaçados de forma helicoidal e enrolados em sentido contrário com a função de resistir às cargas internas e externas. A matéria prima utilizada na sua confecção são fios de aço carbono FM 15, FM 35 e FM 72.
- e) Fita anti-flambagem (*Kevlar*) – é utilizada entre as armaduras de tração e tem como principal função resistir a uma possível expansão na armadura de tração decorrente do efeito de compressão súbita do duto. Essa compressão súbita tende a causar um fenômeno de abertura da armadura conhecido como “gaiola de passarinho” (*birdcaging*). Deve-se ressaltar, que a fita anti-flambagem por estar situada entre a armadura de tração e a capa externa contribui na redução do atrito entre essas duas camadas.

- f) Camada termoplástica externa – Possui a função de atuar como isolante térmico, proporcionar estanqueidade ao duto (em relação à água do mar) e proteger o duto de radiação solares (DE SOUZA, 2010).

As Figuras 7 e 8 mostram respectivamente um esboço de uma camada Zeta em corte e um duto flexível com gaiola de passarinho:

**Figura 7 - Esboço da camada Zeta em corte.**



Fonte: DE SOUZA, 2010.

**Figura 8 - Gaiola de passarinho.**



Fonte: BECTARTE & COUTAREI, 2004.



### 3.2.2 Estruturas *Rough Bore*(Interior rugoso)

Sua principal característica é que internamente possui uma camada intertravada denominada carcaça, produzida em uma máquina de espiralamento. Esse tipo de flexível é utilizado para o transporte de produtos bifásicos ou gases.

Apesar de ser a primeira camada do duto, a carcaça não possui nenhuma função de vedação, sua principal função é proporcionar suporte a camada termoplástica com a finalidade de resistir ao colapso devido à difusão do gás e a pressão hidrostática externa (CAMPELLO, 2010). A Figura 9 mostra uma estrutura típica de um duto *Rough Bore*.



Fonte: CAMPELLO, 2010.

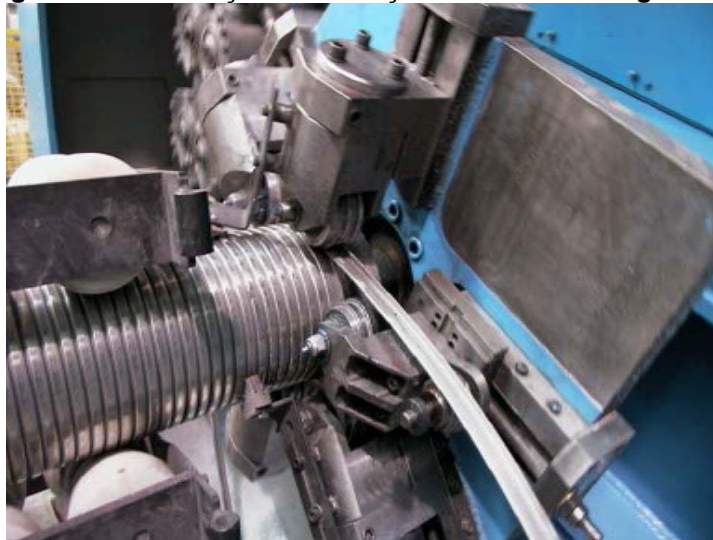
A carcaça está em contato direto com os fluidos transportados, logo, sujeito a *corrosão*<sup>9</sup>, então para sua confecção são utilizados aços galvanizados como o AISI 304, AISI 304L, AISI 316 e AISI 316L (Aços cromo-níquel-molibdênio) e também aços inoxidáveis como o Duplex, o Incolloy e o Inconel.

A escolha entre essas matérias primas é feita levando-se em conta a temperatura e a composição química do fluido transportado. A Figura 10 mostra o detalhe da

<sup>9</sup> Por corrosão entende-se deterioração ou perda das propriedades de um material metálico ou não metálico, causada por reações químicas ou eletroquímicas com o meio natural que o circunda (Almeida, 2011).

fabricação da carcaça da estrutura Rough Bore.

**Figura 10 - Fabricação da carcaça de estrutura Rough Bore.**



**Fonte: DE SOUZA, 2010.**

As outras camadas são idênticas ao Smooth Bore e possuem as mesmas funções. Existe também a camada de isolamento que é produzida com material de baixa condutividade térmica e tem a finalidade de fornecer isolamento térmico ao duto flexível.

A camada de pressão é responsável pela estanqueidade do duto e por esse motivo deve-se realizar uma criteriosa seleção de materiais a serem utilizados na fabricação da mesma. Os materiais mais utilizados são:

- a) HDPE (Polietileno de alta densidade).
  - Para transporte de água ou óleo/gás;
  - Baixa temperatura, até 60° C para óleo e até 65° C para água;
  - Possui limitações de pressão para óleo e gás.
  
- b) *Crossflex* (Polietileno reticulado).
  - Para transporte de água ou óleo/gás;

- Admite temperaturas mais altas (65° C a 90° C) dependendo da pressão;
- c) Rilsan (Poliamida 11).
- Para transporte de água ou óleo/gás;
  - Aceita temperaturas mais altas para o óleo e gás (até 93° C para 20 anos) dependendo do pH e concentração de água.
- d) Coflon (PVDF – Polivinilideno Fluorido).
- Para transporte de água ou óleo/gás;
  - Material mais resistente à altas temperaturas e pressões de até 130° C e 1000 bar (CAMPELLO, 2010).

## 4 FABRICAÇÃO, MANIPULAÇÃO E TRANSPORTE DE FLEXÍVEIS

### 4.1 A MÁQUINA DE ESPIRALAMENTO

A máquina de espiralamento é o equipamento responsável pela fabricação dos dutos flexíveis. A Figura 11 mostra o detalhe desse equipamento na fabricação de uma camada metálica.

Figura 11 - Máquina de espiralamento.



Fonte: TECHNIP, 2014.

Antes de começar a fabricar a carcaça, a máquina de espiralamento precisa ser preparada para tal processo. Nessa fase preparatória, alguns sistemas são acionados independentemente para que seja possível obter uma regulagem satisfatória da máquina, a fim de produzir a carcaça. As etapas da preparação são:

- a) Regulagem do perfil – Na primeira etapa da preparação da máquina, o trem de perfilagem é configurado de modo a conseguir perfilar uma fita com um determinado perfil, para cada tipo de fita existe um perfil diferente. Nessa etapa, somente o trem de perfilagem é acionado e após a passagem da fita, uma amostra é retirada e comparada com uma projeção teórica do perfil, denominado gabarito, para que seja analisado se a configuração do trem de

perfilagem consegue perfilar a fita de acordo com a necessidade do projeto da carcaça. A Figura 12 mostra o perfil da carcaça para análise;

**Figura 12 - Perfil da carcaça.**



**Fonte: DE SOUZA, 2010.**

- b) Ajuste do diâmetro – A próxima etapa consiste em ajustar o diâmetro da carcaça. Nessa etapa o trem de perfilagem e a espiraladora devem ser acionados juntos para que se consiga ajustar a relação de velocidade entre eles. Após a espiraladora dar um giro completo, o trem de perfilagem deve ter liberado um comprimento de fita igual ao perímetro de circunferência do duto, caso contrário a espiraladora e a velocidade que a fita é liberada para o trem de perfilagem devem ser reconfigurados;
- c) Regulagem do passo de fabricação – Depois da regulagem do perfil e do ajuste do diâmetro, é necessária a regulagem do passo de fabricação. Uma amostra de carcaça produzida anteriormente é inserida no puxador em sentido contrario ao da fabricação a fim de auxiliar na produção, então o puxador, sistema trator, responsável por puxar o duto flexível através da linha de fabricação e a espiraladora são acionados e a relação de velocidades entre eles é configurada de modo a atingir o passo de fabricação desejado;
- d) Agrafamento – Todos os sistemas são ligados nessa etapa para executar o agrafamento da fita e também são feitos os ajustes finos para que seja iniciada a fabricação;
- e) Início da fabricação – Após todos os sistemas ajustados, a máquina é acionada e acelerada até o seu valor nominal e então se inicia a fabricação da carcaça (DE SOUZA, 2010).

#### **4.1.1. Obtenção do passo de fabricação.**

O ponto crítico da fabricação da carcaça é a obtenção do passo de fabricação que deve ficar entre um valor mínimo e máximo para que atenda as exigências previamente estabelecidas no projeto do duto flexível.

Nessas máquinas, o processo ocorre da seguinte forma: uma amostra é produzida e comparada com o perfil teórico. Seus comprimentos são medidos e devem estar dentro da tolerância permitida. Sendo aprovada nessa etapa, a distancia entre vinte espirais consecutivas é medida e esse valor deve estar dentro de uma faixa de valores pré-determinados.

#### **4.2 PROCEDIMENTOS REALIZADOS APÓS A FABRICAÇÃO**

Os materiais utilizados na fabricação dos dutos são acondicionados em ambientes cobertos para não ficarem expostos ao tempo.

Durante a fabricação de cada camada são realizadas as inspeções, sendo que nas camadas metálicas a inspeção é visual e nas camadas plásticas a inspeção é feita por ultra-som, com o objetivo de verificar a regularidade da espessura ao longo do duto.

Após a fabricação do duto, são realizados o teste dimensional e o teste hidrostático que tem o objetivo de avaliar a estanqueidade do mesmo, sendo utilizada a água como fluido a uma pressão 1.5 vezes a pressão máxima de projeto .

Após a aprovação do duto nesses testes, o mesmo é acondicionado em bobinas, carretéis e cestas respeitando o raio de curvatura mínimo de projeto e em seguida é armazenado em paióis de estocagem conforme mostram as Figuras 13, 14 e 15 respectivamente.

**Figura 13 - Duto acondicionado em bobina.**



**Fonte: WELLSTREAM, 2014.**

**Figura 14 - Duto acondicionado em cesta.**



**Fonte: UFRJ, 2014.**

**Figura 15 - Armazenamento de bobinas no pátio.**



Fonte: REVISTA FATOR, 2014.

### **4.3 MANIPULAÇÃO**

Algumas precauções devem ser tomadas durante a manipulação e transporte de dutos flexíveis para prevenir a ocorrência de possíveis danos, como:

- Todos os dutos flexíveis devem ser acondicionados e manipulados de acordo com os itens requeridos na seção 11.3 da API RP 17B, 2014;
- Quando os dutos flexíveis são transferidos de bobina para bobina precauções devem ser tomadas para evitar que o arraste deles no piso não cause nenhum dano, assim como evitar choques nas quinas dos equipamentos de manipulação, evitar também torques, flexões que são inaceitáveis acima do valor limite;
- O duto flexível deve ser seguramente preso a sua bobina de suporte e as pontas do duto devem ser tamponadas de forma a preservar suas camadas adjacentes, evitando deformações e movimentos relativos;
- A manipulação dos dutos flexíveis tanto onshore quanto offshore são feitas através de equipamentos de içamento;

Todos os equipamentos de manipulação devem ter como base as melhores práticas de trabalho, como:



- a) Estar de acordo com as normas e padrões nacionais e internacionais aplicando todos os requerimentos de certificações necessárias;
- b) Possuir proteções contra danos e deterioração enquanto em uso;
- c) Inspeções prévias devem ser feitas em busca de sinais de danos ou deterioração;
- d) Devem ser projetados e especificados para aplicações dinâmicas quando for aplicação offshore;

#### **4.4 TRANSPORTE**

Algumas empresas estão instaladas em locais estratégicos, tendo assim uma melhor infra-estrutura de armazenamento e facilidade de transporte e/ou instalação. Devido às dimensões dos carretéis, eles necessitam de grande espaço para estocagem e de equipamentos especiais para serem transportados.

De maneira geral, deve ser realizado o procedimento de recebimento qualitativo visando garantir que os dutos foram adquiridos conforme especificado.

Durante cada manipulação para o transporte, devem ser realizadas inspeções para verificação da integridade, com emissão de certificado de aceitação de todas as partes envolvidas.

## 5 PROCEDIMENTOS DE LANÇAMENTO DE DUTOS FLEXÍVEIS

O procedimento de instalação utilizado para cada duto flexível depende da configuração do sistema e das particularidades dos componentes que o compõe. Há dois métodos de instalação de dutos, o vertical e o horizontal. As Figuras 16 e 17 mostram respectivamente uma embarcação PLSV de lançamento vertical e de lançamento horizontal.

**Figura 16 - PLSV de instalação vertical.**



**Fonte: KYRIAKIDES S. AND CORONA E., 2007.**

**Figura 17 - PLSV de instalação horizontal.**



**Fonte: HUISMAN, 2014.**

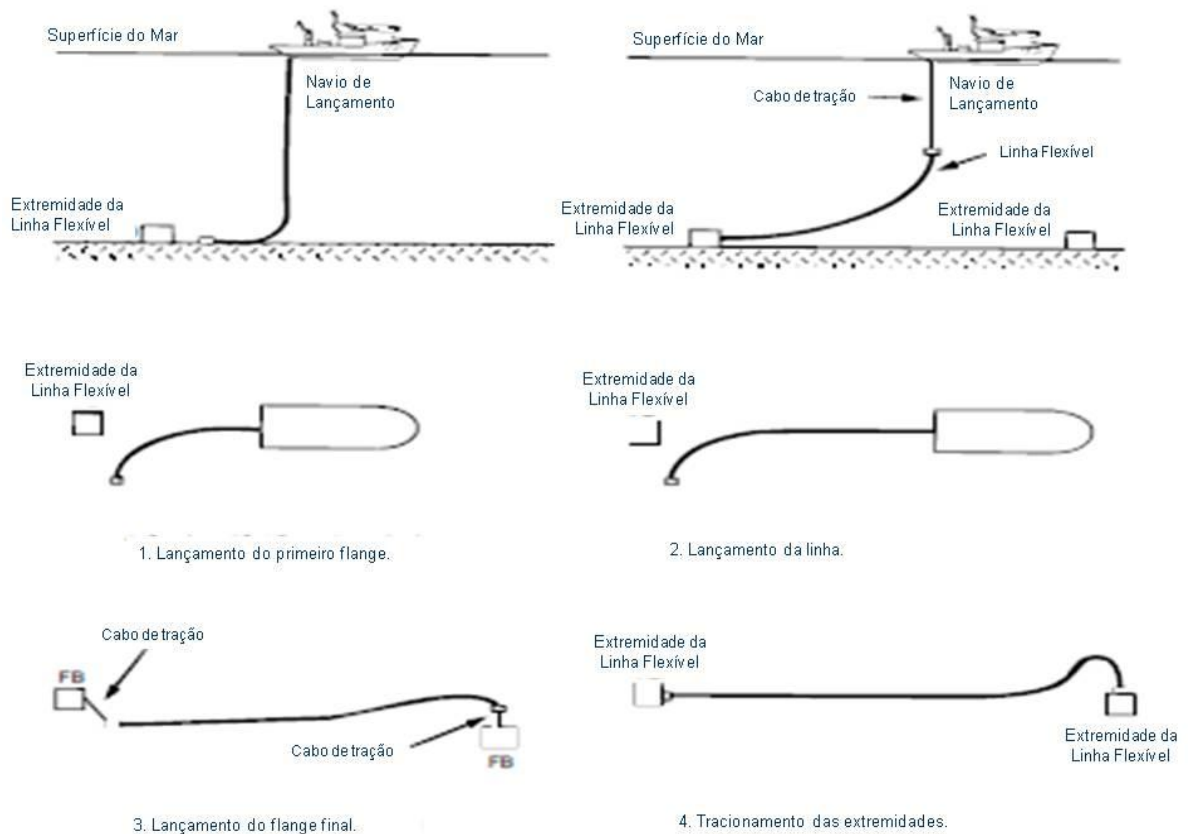
Na determinação da estratégia de instalação a ser utilizada, alguns dos pontos que precisam ser abordados e que podem influenciar no planejamento são:

- Pré-instalação de tirantes antes de conectar;
- Número e tamanho dos componentes auxiliares, incluindo a flutuação, a ser instalada;
- Tipo de base, se for o caso, para ser utilizado e sistema de ancoragem;
- Tensão na linha;
- Conexões entre dutos ou entre dutos e equipamentos;
- Máximas condições ambientais;
- Interfaces com a instalação de outros sistemas, como amarras ou ancoragem;
- Utilização ou não de mergulhador;
- Requisitos de instalação do navio, incluindo quantidade, tamanho e custos com mobilização e desmobilização;
- Instalação de linhas múltiplas;
- Interferência de manipulação dos equipamentos que estão no deck da embarcação em relação àqueles que serão instalados no leito marinho;
- Necessidade de operações com ROV.

## 5.1 PROCEDIMENTO DE INSTALAÇÃO DE UM FLOWLINE

O procedimento de instalação de um *flowline* é apresentado na Figura 18. Uma extremidade do *flowline* está ligada a um cacho de amarras ou poita sendo lançado ao longo do leito marinho em direção a outro cacho de amarras ou poita que se conectará a extremidade final do *flowline*, sendo deixada uma catenária. Unidades flutuadoras podem ser anexadas a essa catenária.

Figura 18 - Instalação de um flowline.



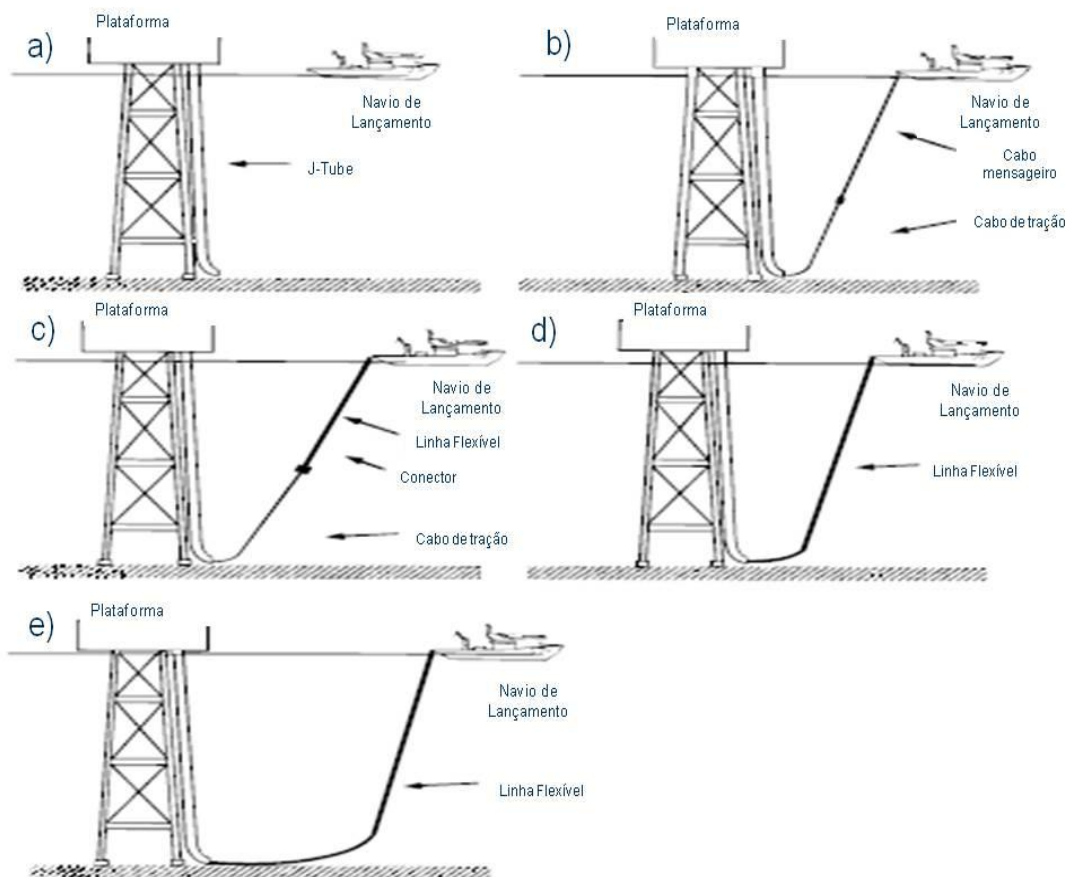
Fonte: Modificado de API RP 17B, 2014.

## 5.2 PROCEDIMENTO DE INSTALAÇÃO DE UM J-TUBE

Um exemplo de instalação de um duto flexível através de um *J-Tube* é mostrado na Figura 19 e ocorre da seguinte forma:

- O navio de instalação aproxima-se da plataforma;
- O cabo guia é transferido da plataforma para o navio de instalação;
- O cabo guia é conectado à extremidade do duto flexível;
- Inicia-se a operação de instalação;
- Ao final o duto alcança a plataforma sendo conectado à mesma.

**Figura 19 - Instalação de um duto flexível como *J-tube*.**



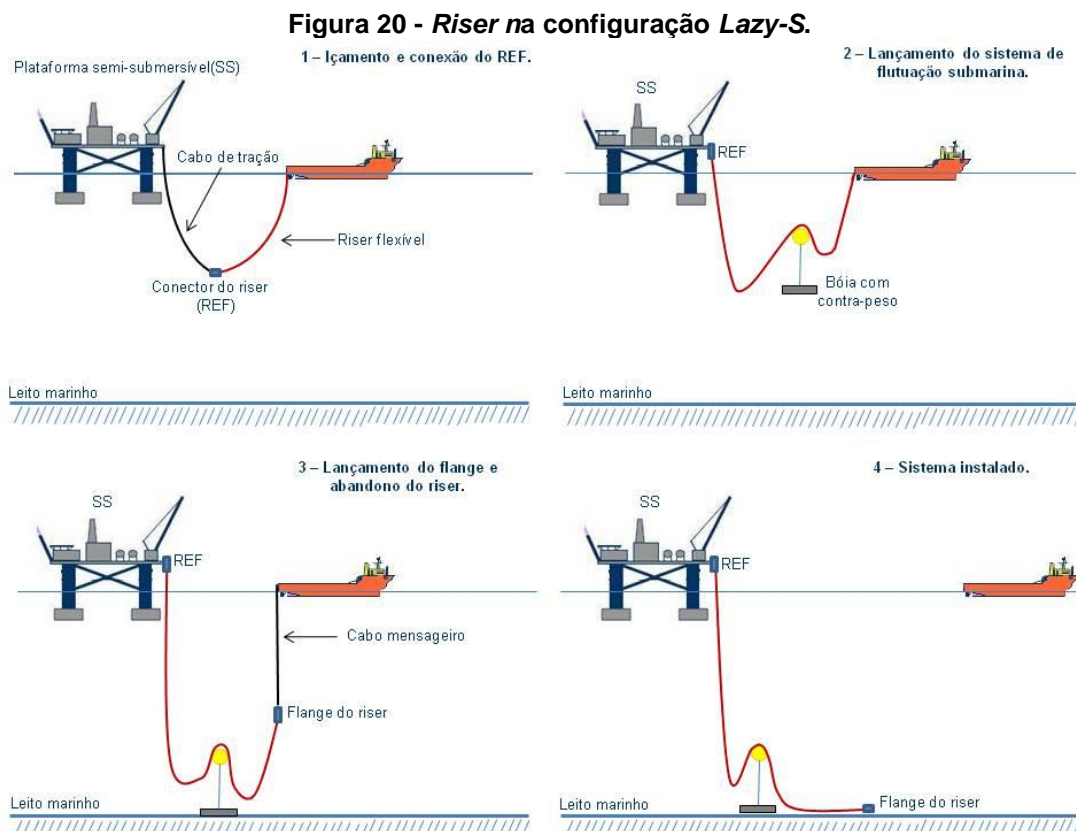
Fonte: Modificado de API RP 17B, 2014.

### 5.3 PROCEDIMENTO DE INSTALAÇÃO DE UM RISER

Os procedimentos típicos de instalação de *risers* estão representados nas Figuras 20 – 24, para as configurações *Lazy-S*, *Steep-S*, *Lazy Wave*, *Steep Wave* e *Catenária Livre (Free hanging)*, respectivamente. As figuras mostram o duto flexível que está sendo instalado com a extremidade final ligada à plataforma. Nas figuras está sendo utilizada uma plataforma semi-submersível (SS), o que é irrelevante no que diz respeito à instalação efetiva, ou seja, pode ser utilizado o mesmo método para outras unidades de exploração ou produção.

#### 5.3.1 Configuração *Lazy-S*

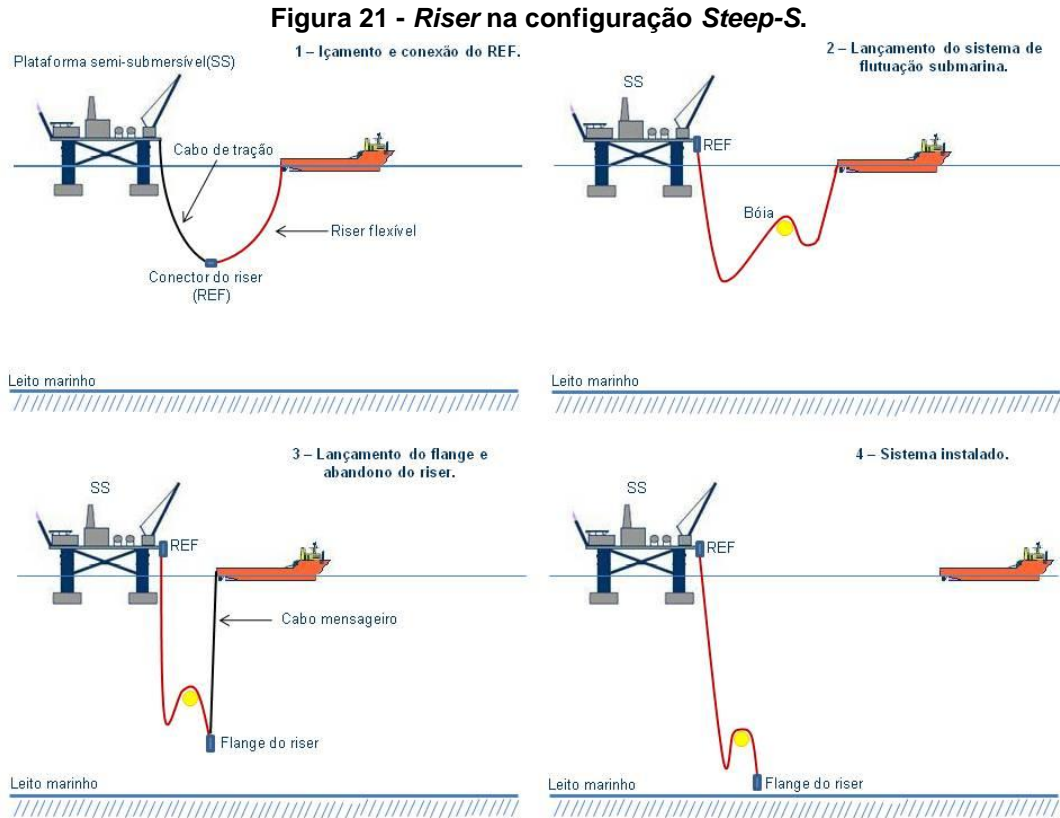
A configuração *Lazy-S* é caracterizada por um elemento de flutuação concentrada (uma bóia) em uma posição intermediária da linha, onde uma catenária suspensa parte do navio e é conectada à bóia. Por sua vez, da bóia parte uma catenária simples que se estende até o fundo do mar.



Fonte: Modificado de API RP 17B, 2014.

### 5.3.2 Configuração Steep-S

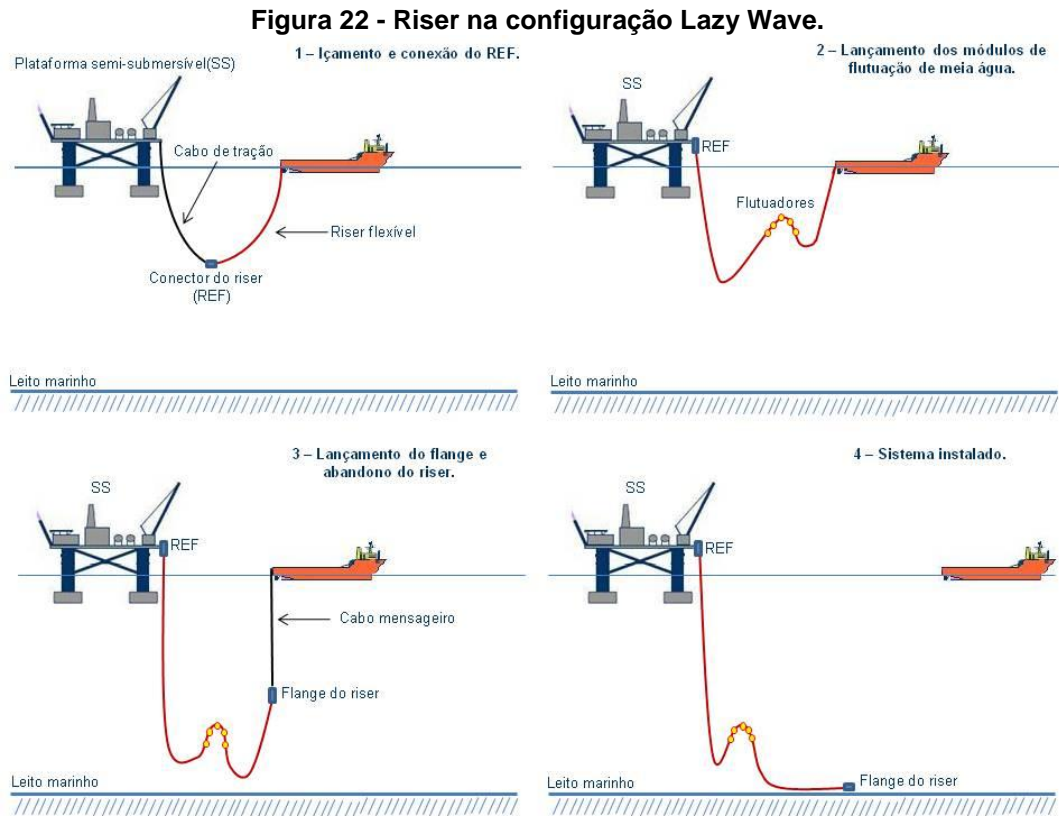
A configuração *Steep-S* é semelhante ao *Steep Wave*, porém, o trecho de flutuação é fornecido pela utilização de uma bóia.



Fonte: Modificado de API RP 17B, 2014.

### 5.3.3 Configuração *Lazy Wave*

A configuração *Lazy Wave* é obtida com a utilização de elementos de flutuação (flutuadores) distribuídos em um trecho central, o que faz com que após o equilíbrio estático inicial, o sistema assuma uma forma “ondulada”, e a seção inferior permaneça apoiada em catenária no fundo do mar.

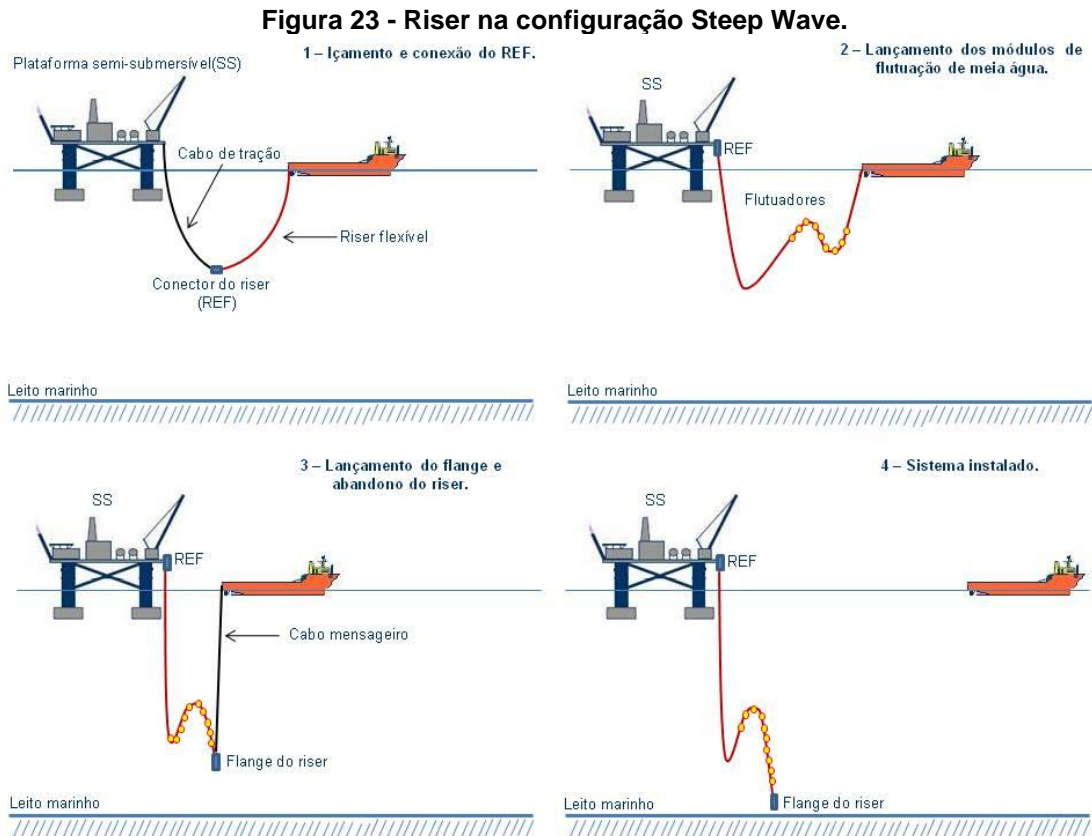


Fonte: Modificado de API RP 17B, 2014.



### 5.3.4 Configuração *Steep Wave*

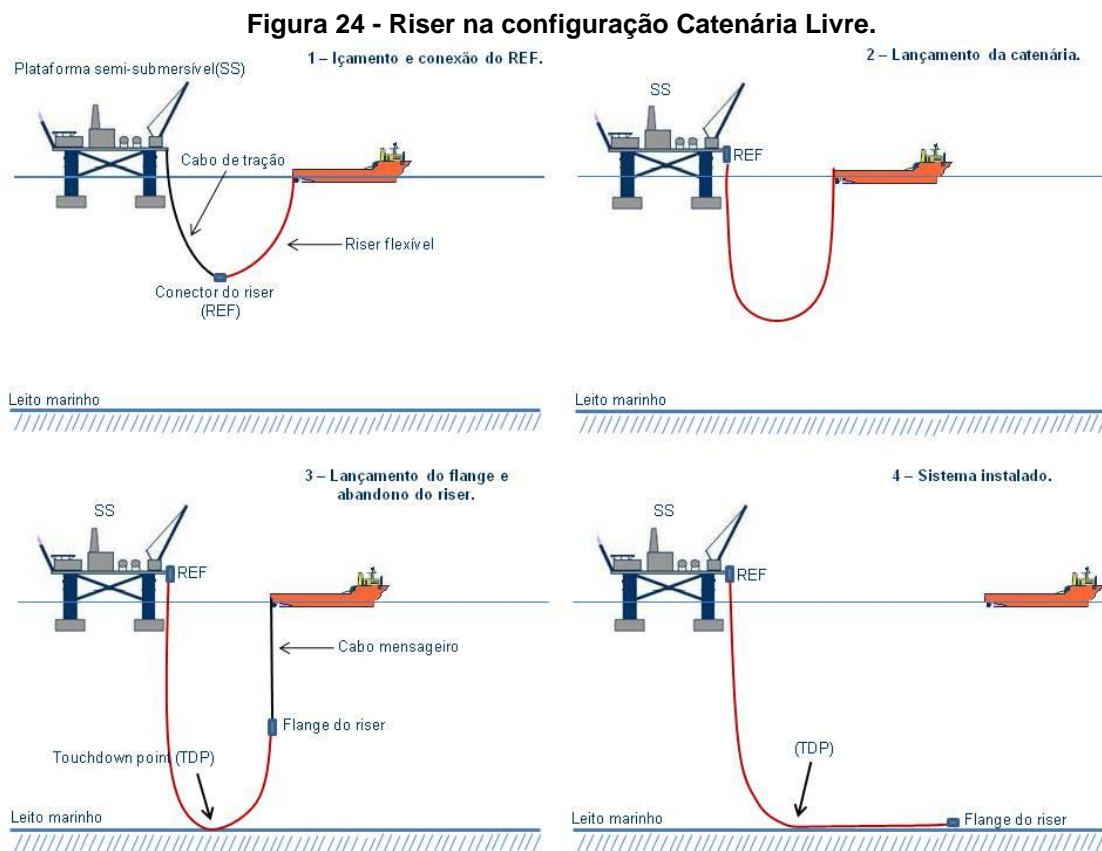
A configuração *Steep Wave* é semelhante ao *Lazy Wave*, contudo, o trecho de flutuação prolonga-se até a extremidade inferior da linha de ancoragem.



Fonte: Modificado de API RP 17B, 2014.

### 5.3.5 Configuração Catenária Livre

A configuração em Catenária Simples ou *free hanging* é basicamente uma catenária livre, apoiada no fundo do mar. Esta pode ser considerada a configuração mais interessante devido à simplicidade de sua forma. Isso se deve a baixa utilização de componentes redutores de esforços, o que possibilita que esta configuração tenha um baixo custo de material e instalação.



Fonte: Modificado de API RP 17B, 2014.

## 6 SISTEMAS DE LANÇAMENTO

Com configurações variando de várias bobinas à cestas, de sistemas horizontais simples à complexos sistemas verticais híbridos, os sistemas de lançamento atuais são capazes de movimentar com segurança desde linhas singelas até três linhas flexíveis simultaneamente (*bundles*).

### 6.1 EQUIPAMENTOS

A seguir, serão apresentados os principais componentes dos sistemas de lançamento que equipam os atuais *PLSV's*, podendo tais componentes serem instalados em diversas configurações para permitir a instalação de linhas flexíveis em dezena de metros de lâmina d'água e em águas profundas.

#### 6.1.1 Bases Rotativas (Skid roller)

Trabalhando em conjunto com um ou mais tracionadores, este sistema apresenta as bobinas apoiadas sobre um *skid* com roletes, como os da Figura 25. O lançamento e/ou recolhimento é realizado pelo tracionador cabendo ao *skid roller* o acompanhamento. Para tal, o próprio *skid roller* apresenta dois ou quatro roletes providos de tração hidráulica e/ou elétrica que tracionam a linha flexível.

Figura 25 - Skid Roller com bobina.



Fonte: NATEC, 2014.

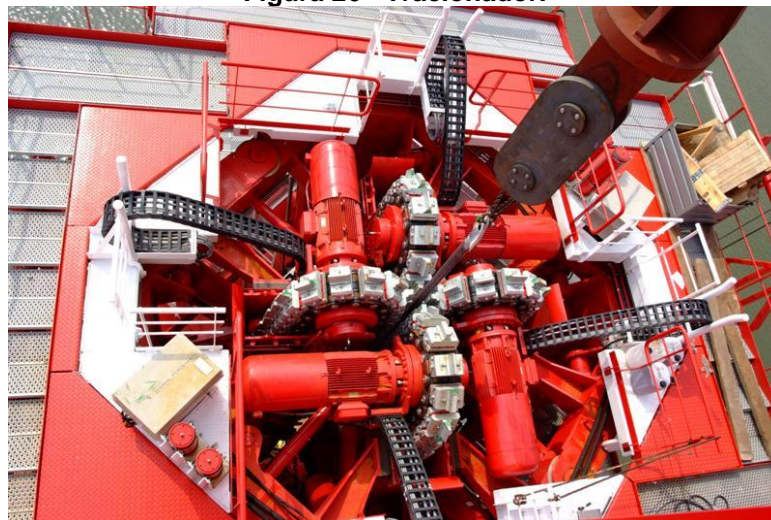
Este equipamento não é capaz de resistir a esforços elevados de tração uma vez que opera com a bobina de forma bem simples, apenas apoiada sobre o skid. Tal configuração necessita de estaiamento do conjunto, visando garantir a estabilidade e prover maior atrito dos roletes com a pista do flange externo.

### 6.1.2 Tracionadores

Equipamentos que podem ser utilizados de maneira singela ou agrupados em dois ou três módulos (*in tandem*), oferecendo assim até o triplo da capacidade nominal de cada equipamento. Basicamente, são máquinas eletro-hidráulicas, providas de dois, três ou até quatro lagartas (*tracks*) montados em estruturas independentes tendo como funções principais:

- Pré-instalação de tirantes antes de conectar Sustentar o peso do flexível de maneira controlada durante o lançamento (pay- out) e recolhimento (take-up) sem afetar a integridade e desempenho da estrutura movimentada;
- Segurar o produto durante paradas, permitindo o trabalho seguro junto à linha flexível;
- Permitir o controle da velocidade de abandono e recolhimento, além de permitir o ajuste da força de compressão radial uniforme aplicada à linha flexível.

Figura 26 - Tracionador.

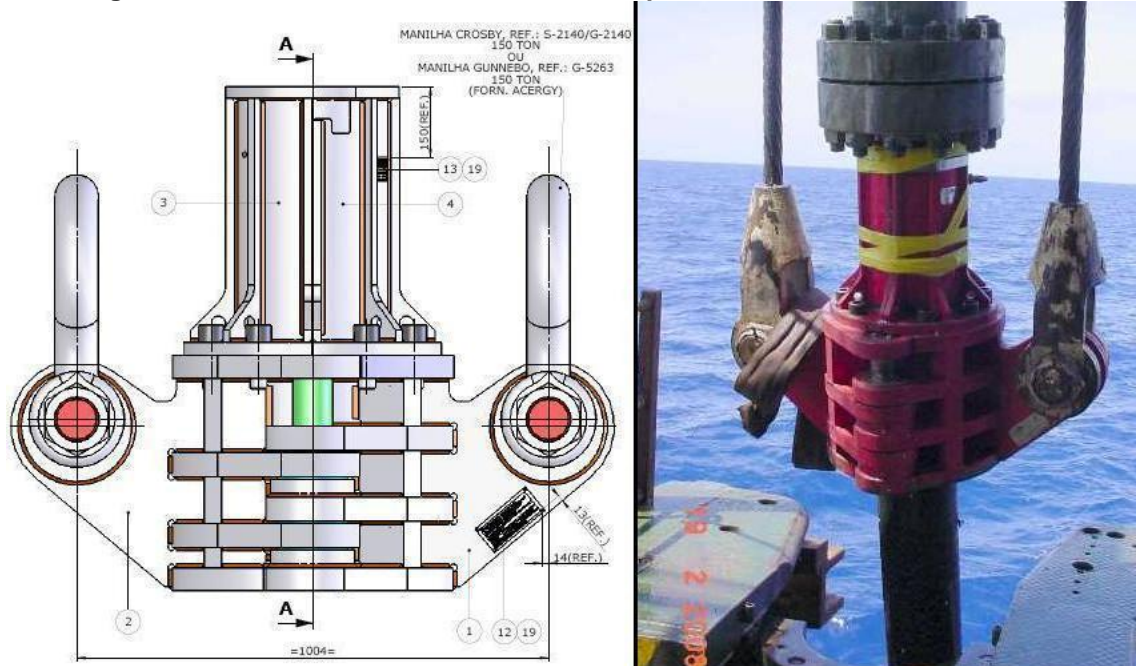


Fonte: HUISMAN, 2014.

### 6.1.3 Colar Mecânico

Utilizado para sustentação de dutos rígidos durante manutenção e troca de seus *risers* flexíveis, sua instalação ocorre na mesa de trabalho ainda com o duto suportado pelo sistema de lançamento (tracionador e/ou guincho). Sua instalação é realizada com o duto rígido na mesa de trabalho e para tal manobra utiliza-se o pórtico *A-frame* com seus guinchos para sustentar o colar (Figura 27) e permitir a transferência da carga para sua estrutura liberando o sistema de lançamento e garantindo acesso seguro aos operadores a extremidade do duto rígido para intervenções necessárias.

Figura 27 - Colar Mecânico em detalhe e suspensão sobre a mesa de trabalho.



Fonte: Cortesia SUBSEA7, 2014.

### 6.1.4 Colar Elevador

Similar ao colar mecânico, o colar elevador é utilizado para pescaria de dutos flexíveis danificados e/ou cortados. Sua instalação é realizada no fundo com auxílio do veículo de intervenção remota (ROV). Após o corte da linha flexível, no leito marinho, próximo ao conector, o colar é instalado com auxílio do ROV (Figura 28) e permite o içamento da linha flexível até o nível da mesa de trabalho.

Em se tratando de um tramo de linha flexível danificado, uma vez a linha na altura da mesa pode-se desconectar o tramo danificado na junção dos flanges sendo recolocado um flange de manuseio e teste (ou instalado um novo flexível). Toda manobra é realizada com a linha flexível suspensa pelo colar e, depois de concluída, torna-se possível a transferência da carga para o sistema de lançamento, liberando assim o colar.

**Figura 28 - Colar Elevador em detalhe e sendo instalado em duto.**



Fonte: Cortesia SUBSEA7, 2014.

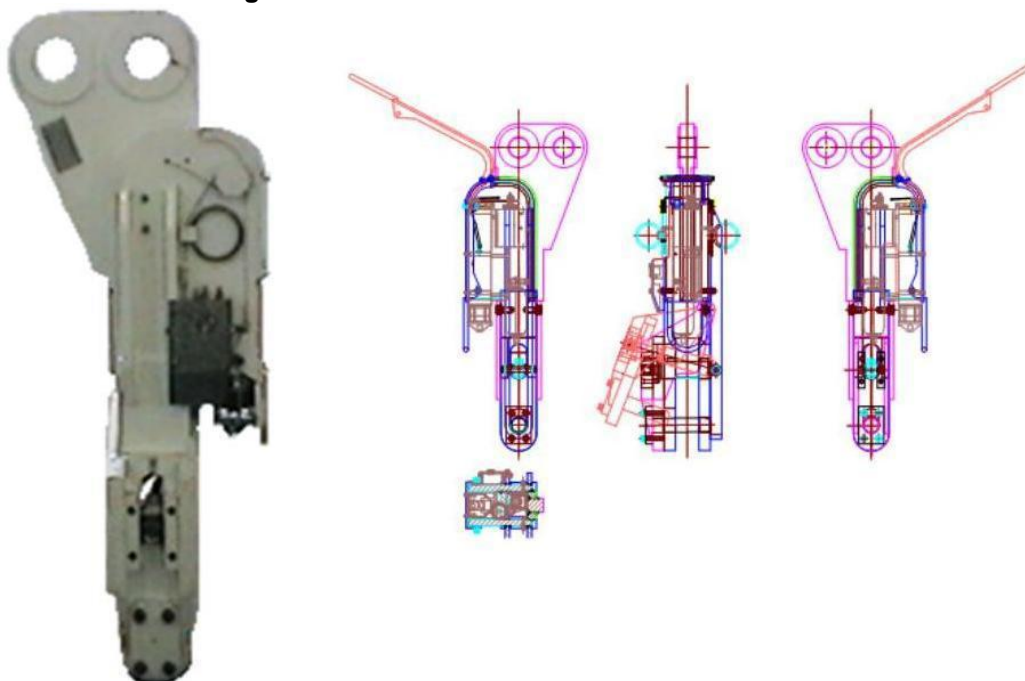
### 6.1.5 Manilha hidroacústica

É um dispositivo de liberação remoto acionado através de sinal hidroacústico, como ilustra a Figura 29. Muito utilizada em manobras de *pull-in* com UEP, a manilha hidroacústica permite ao *PLSV* uma rápida liberação do cabo de seu guincho após a conclusão da transferência de carga da linha flexível para o sistema da UEP.

Desta forma, evita-se a permanência desnecessária do *PLSV* junto ao costado das UEP, evitando e reduzindo os riscos de incidentes e/ou acidentes.

Como variação da manilha hidroacústica, temos a manilha hidráulica, que opera de forma similar porém com acionamento feito por linha hidráulica, diferentemente do sinal hidroacústico.

Figura 29 - Maninlha Hidroacústica em detalhe.



Fonte: Cortesia SUBSEA7, 2014.

## 6.2 MÉTODOS DE LANÇAMENTO

Nos primórdios do lançamento de flexíveis, sem a utilização de tracionadores, utilizava-se o sistema horizontal de lançamento (*Horizontal Laying System - HLS*) através do emprego de guinchos motorizados. À medida que as operadoras foram avançando para águas mais profundas, as cargas envolvidas tornaram-se maiores tornando necessário o emprego de tracionadores.

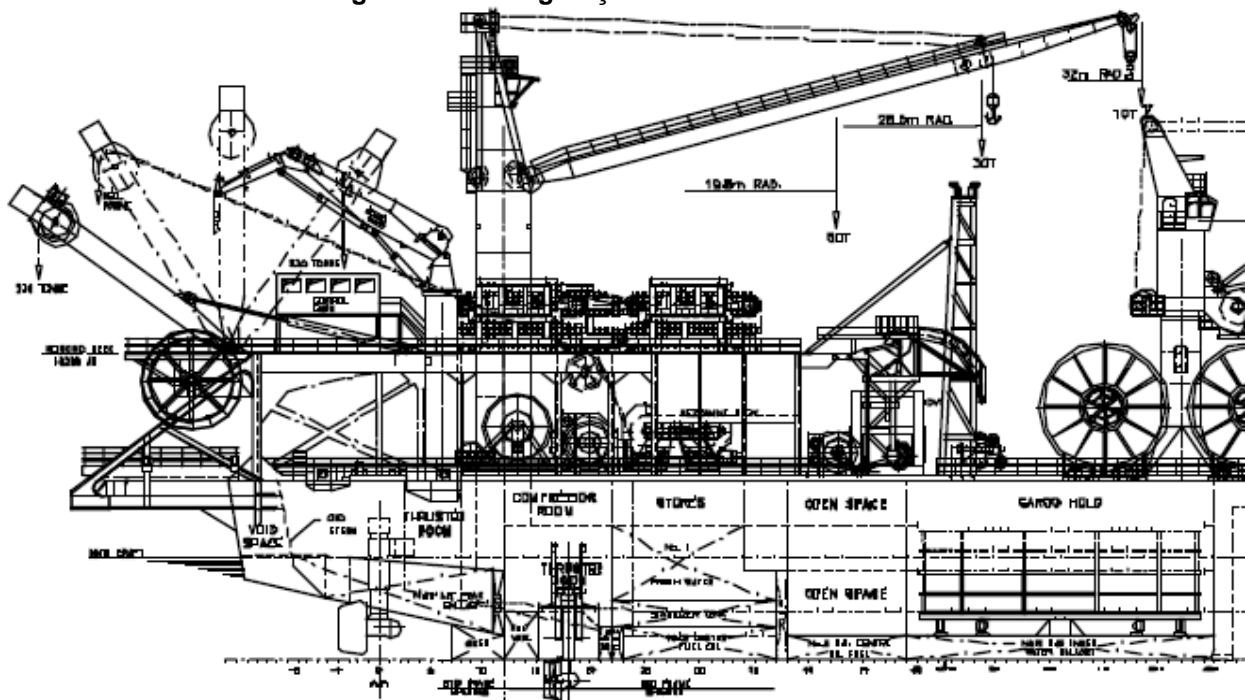
A Figura 30 apresenta a configuração de um *PLSV* baseado no sistema *HLS* dotado de bobinas sobre *skid roller*, cesta sob o convés principal, calhas, tracionadores, roda de popa, guinchos, pórtico *A-frame* com guinchos e guindaste.

Gargalo para o sistema *HLS*, a roda de popa limitava o lançamento em águas profundas devido a altas cargas impostas na linha flexível quando da passagem por ela. Como evolução ao *HLS* surgiu o sistema vertical de lançamento (*Vertical Laying*

System - VLS), cuja patente pertence a Technip, solucionando o problema em águas profundas.

Com áreas de convés reduzidas e a possibilidade de lançamento próximo à meia nau do navio, o que reduz significativamente os efeitos de amplificação dinâmica, este sistema de lançamento reduz o risco de dano à linha flexível visto que a carga de tração somente é aplicada com a linha flexível na vertical conforme Figura 31.

Figura 30 - Configuração de PLSV com sistema HLS.



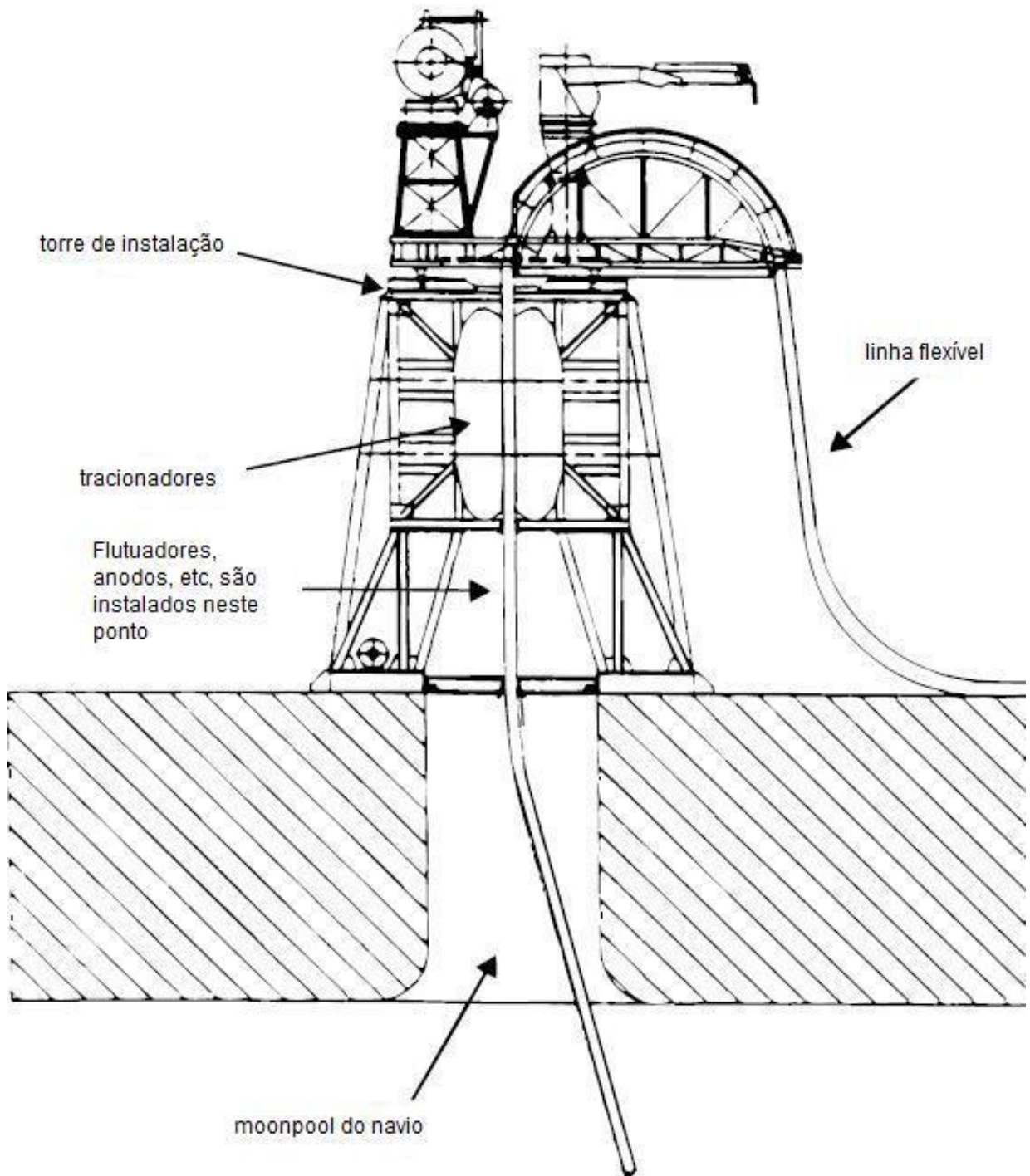
Fonte: API RP17B, 2014.

Paralelo a isso, o VLS apresenta uma maior área de trabalho para instalação de acessórios se comparada à área dos HLS. Esta facilidade permite que acessórios como MCV, PLET, PLEM e PLAEM, restritores de curvatura, módulos de flutuadores, entre outros sejam facilmente manuseados.

Quando em águas rasas e áreas com correntezas extremas, os elevados ângulos de topo, representam um perigo devido à possibilidade de escorregamento da linha flexível para fora do alinhamento das sapatas do tracionador, danificando a linha e podendo causar sérios prejuízos às pessoas e aos equipamentos.



Figura 31 - Típico arranjo de um sistema VLS.

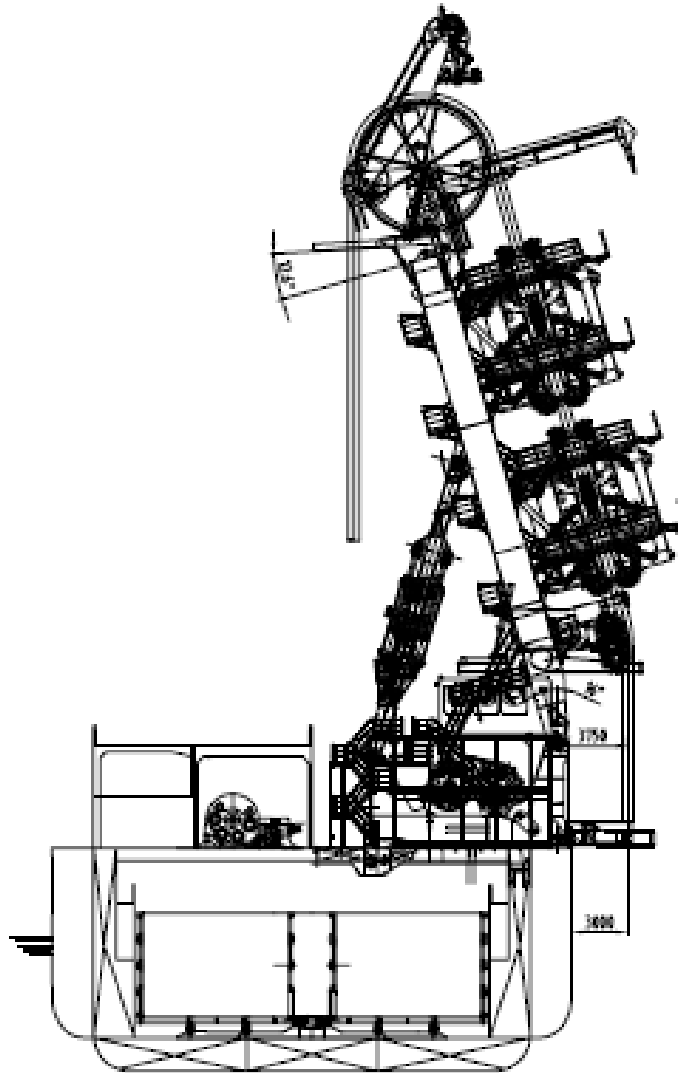


Fonte: API RP17B, 2014.

Como variante ao HLS, a Figura 32 apresenta o *Tilttable Laying System (TLS)*, tendo características semelhantes ao VLS, este sistema apresenta a torre de lançamento em ângulo limitado a  $16^\circ$  com a vertical, tornando o lançamento “quase vertical”. A

verticalização da linha passa a ser realizada por uma correia lagarta passiva na saída dos tracionadores acima da mesa de trabalho, que pode-se comparar a uma roda de lançamento pois seu giro ocorre apenas em função do atrito entre a linha flexível e a sapata da lagarta.

**Figura 32 - Tilttable Laying System.**



Fonte: SUBSEA7, 2014. 1

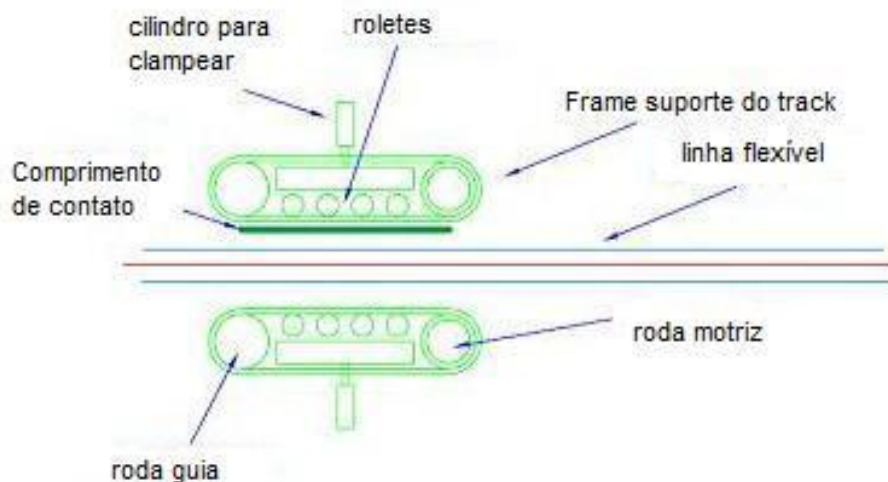
### 6.3 SEQUÊNCIA DE OPERAÇÃO

Uma operação típica de lançamento inicia-se após o carregamento do *PLSV*, estando as linhas flexíveis estocadas em bobinas e/ou cestas. No caso de sistema singelo com tracionadores in tandem, o cabo do guincho auxiliar é conduzido por

entre o sistema de lançamento, iniciando o percurso no sentido inverso ao lançamento, isto é, da mesa de trabalho para o sistema de armazenamento passando por entre os tracionadores que, neste momento, encontram-se com suas lagartas totalmente abertas.

Uma vez na cesta ou bobina, os operadores de lançamento fazem sua conexão ao flange cego de manuseio e teste com auxílio de massames previamente definidos em procedimento e compatíveis com a carga a ser manuseada. Após a interligação, dá-se início a uma operação conjunta entre o operador da cesta e o operador do guincho que de forma sincronizada deslocam a linha flexível do carrossel até a saída dos tracionadores conforme Figura 33.

**Figura 33 - Linha flexível entre as lagartas.**

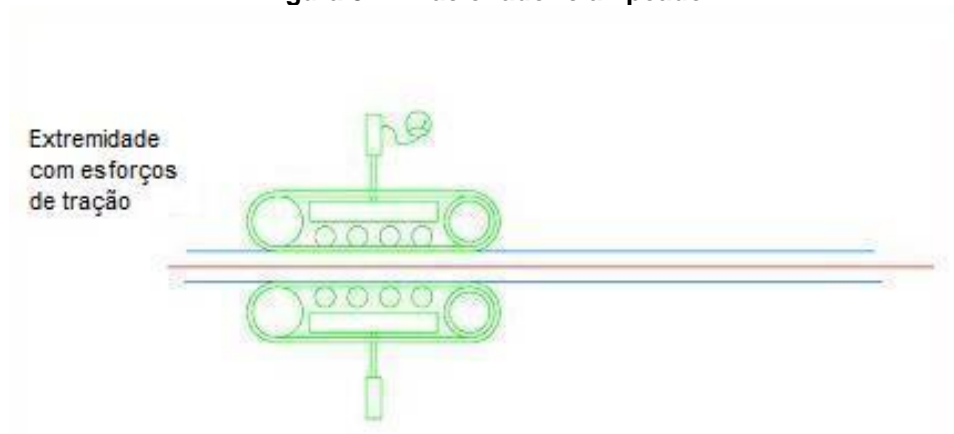


**Fonte: BOWIE, 2007.**

Com a linha na saída dos tracionadores, são realizadas medições no diâmetro externo do flexível que serão introduzidos no programa computacional de gerenciamento do sistema de lançamento. Após a autorização do supervisor, o operador do sistema de lançamento dá início a aproximação das lagartas até o contato das sapatas com a capa externa do flexível, quando então é aplicada a pressão previamente informada ao programa computacional.

A partir deste ponto, a linha encontra-se segura pelo sistema de lançamento, usualmente costuma-se dizer que a linha está “clampeada” (Figura 34). Para prosseguir com a linha até a mesa de trabalho, os operadores do sistema de lançamento e o operador do guincho trabalham de maneira sincronizada.

**Figura 34 - Tractionador clampeado.**



Fonte: BOWIE, 2007.

Após as manobras de convés necessárias para liberar o cabo do guincho auxiliar, o sistema de lançamento encontra-se pronto para o lançamento.

Concluída a iniciação, tem-se início o lançamento, sempre com sincronismo entre o sistema de armazenamento, tracionadores e os movimentos da embarcação, controlados pelos Oficiais de Náutica, no passadiço.

Esta etapa é interrompida sempre que qualquer anormalidade for detectada e/ou quando a extremidade final da linha flexível estiver próxima a deixar o sistema de armazenamento.

O guincho principal é então conectado ao flange cego da extremidade da linha e o operador do sistema de lançamento conduz a linha flexível até a entrada dos tracionadores.

Nesta posição, é feita a transferência de carga dos tracionadores para o guincho principal permitindo a abertura dos tracionadores e a passagem da linha flexível, agora sustentada pelo guincho, até o nível da mesa de trabalho.

Com o conector acessível aos operadores, é instalado o inserto adequado e a linha flexível é apoiada na mesa de trabalho, realizando uma nova transferência de carga, sendo desta vez do guincho principal para a mesa, conforme Figura 35

**Figura 35 - Linha flexível apoiada na mesa de trabalho.**



**Fonte: Cortesia SUBSEA7, 2014.**

Após a liberação do guincho principal, novamente o guincho auxiliar é conduzido ao sistema de armazenamento para trazer o próximo tramo de linha flexível a ser lançado repetindo todo processo apresentado, até entregar toda a linha para a UEP ou abandoná-la no leito marinho para futuras operações.

## 7 CONCLUSÃO

O uso de dutos flexíveis para a produção de petróleo em grandes profundidades apresenta maior preocupação no que diz respeito à integridade de tais elementos, visto que a ocorrência de danos nestas estruturas pode causar enormes prejuízos ambientais e econômicos. Pensando dessa forma, foi verificado que durante a fabricação, os materiais deverão se acondicionados em locais adequados, e durante as fases de manipulação e transporte, verificou-se que os dutos devem ser manipulados de forma segura quando transferidos de bobina para bobina, a fim de evitar danos à sua estrutura, deve-se tamponar suas extremidades para evitar danos às camadas adjacentes, bem como fixa-las de forma correta na bobina. Todos os equipamentos utilizados na manipulação e transporte de dutos devem ser adequados para tais atividades e apresentar boas condições de uso, garantindo que os dutos sejam adquiridos e fornecidos conforme especificado, devendo ser realizada inspeções para verificação de integridade durante cada movimentação da carga.

A utilização das técnicas diversas para lançamento irão depender diretamente dos dados relativos ao projeto específico, baseados em seus CAPEX e OPEX.

É importante salientar que durante as fases de lançamento, toda a equipe da embarcação PLSV deverá estar bastante integrada, evitando assim incidentes e possíveis acidentes que poderão por em risco a integridade de materiais, integridade do projeto como um todo e o mais importante, a vida humana, daí a importância de todas os departamentos de bordo, principalmente o de navegação, conhecerem a operação como um todo, o que viabilizará uma maior produção, rapidez, eficácia e eficiência da embarcação PLSV.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **Recommended Practice for Flexible pipe 17B**. 5ª ed., Washington D.C. EUA, 2014.

BECTARTE F. E COUTAREI A., **Instability of Tensile Armour Layers of Flexible Pipes under External Pressure**, In: Proceedings of the OMAE Conference, n.51352, Vancouver, 2004.

BOWIE, M., LAY. **Lay Equipment Presentation**, Graduate Engineer Development Scheme, Stavanger, Mar, 2007.

CAMPELLO G. Notas de aula da disciplina **Projeto de Risers**. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Submarina da Universidade Castelo Branco. 2010.

CHAKRABARTI, S. K.: **Handbook of Offshore Engineering**. Vol. I e II. Amsterdam: Elsevier, 2005.

DE SOUZA M. I. L. Notas de aula da disciplina **Noções Gerais / Custos e Fabricação de Flexíveis e Umbilicais**. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Submarina da Universidade Castelo Branco. 2010.

FERNANDES A. C. *et alli*. **Sub-Surface Buoy Hybrid Riser System for Deepwater Application**. In: 22<sup>nd</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON OFFSHORE MECHANICS AND ARCTIC ENGINEERING – OMAE, 22. 2003, Cancun.

GERWICK Jr., B. C.: **Construction of Marine and Offshore Structures**, 2 ed. Boca Raton: CRC, 2000.

HILL, T; ZHANG Y.; KOLASKY T.: **The Future of Flexible Pipe Riser Technology in Deep Water: Case Study**, In: OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE - OTC, Houston, 2006.

HOWELLS, H.; HATTON, S. A. **Catenary and Hybrid Risers for Deepwater Locations Worldwide**. In: ADVANCES IN RISER TECHNOLOGIES, Aberdeen, 1996.

JUNIOR G. R. S. Notas de aula da disciplina **Equipamentos Submarinos I**. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Submarina da Universidade Castelo Branco. 2011.

LIMA, H. F. **Metodologia para a Tomada de Decisão no Projeto de Sistemas Submarinos de Produção de Óleo e Gás**. 2007. 169p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

## SITES CONSULTADOS

Disponível em: < <http://www.technip.com/entities/brazil/index.htm> >  
Acesso em 15/09/2014 e 26/09/2014.

Disponível em: < <http://www.subseabrasil.com.br/glossario-da-engenhariasubmarina/> >  
Acesso em: 27/07/2014.

Disponível em: < <http://www.huismanequipment.com> >  
Acesso em: 27/07/2014, 16/08/2014 e 02/10/2014.

Disponível em: < <http://tecpetro.wordpress.com/?s=Duto+Flex%C3%ADvel> >  
Acesso em: 16/08/2014.

Disponível em: < <http://www.simonsen.br/its/pdf/apostilas/base-tecnica/2/ambuprod-petroleo-e-gas-2-ano-4-capitulo.pdf> >  
Acesso em: 20/09/2014.

Disponível em: < <http://www.natec.com.br/?p=437> >  
Acesso em: 26/09/2014.

Disponível em: < <http://www.wellstream.com> >  
Acesso em: 20/09/2014.

Disponível em: < [http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod\\_academic/relatorios/2006-/Eduardo+Vinicius/relat1/Relatoriol\\_rev1](http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/2006-/Eduardo+Vinicius/relat1/Relatoriol_rev1) >  
Acesso em: 26/09/2014.

Disponível em: < [http://www.revistafator.com.br/ver\\_noticia.php?not=14317](http://www.revistafator.com.br/ver_noticia.php?not=14317) > Acesso em: 22/09/2014.

Disponível em: < <http://g1.globo.com> > (Foto: Felipe Dana/Wellstream do Brasil)  
Acesso em: 20/09/2014.

### **Programa de Desenvolvimento Tecnológico em Águas Profundas PROCAP 3000 - A PRÓXIMA FRONTEIRA.**

Disponível em: <http://www.coopetroleo.com.br/pagua03.htm>.  
Acesso em 27/07/2014.



