

**MARINHA DO BRASIL**  
**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA**  
**CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAIS DE NÁUTICA- APNT**

**PAULO TARCIZO TEIXEIRA PEREIRA SILVA**

**TIPOS DE LINHA DE MANGOTES PARA TRANFERÊNCIA DE ÓLEO EM FPSO.**

**RIO DE JANEIRO**  
**2014**

**PAULO TARCIZO TEIXEIRA PEREIRA SILVA**

**TIPOS DE LINHA DE MANGOTES PARA TRANFERÊNCIA DE ÓLEO EM FPSO.**

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para a obtenção de Certificado de Competência Regra II/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Orientadores: Prof. Eng. Esp. José Barbosa da Silva Filho

MSc. Eng. Paulo Roberto Batista Pinto

**RIO DE JANEIRO**

**2014**

**PAULO TARCIZO TEIXEIRA PEREIRA SILVA**

**TIPOS DE LINHA DE MANGOTES PARA TRANFERÊNCIA DE ÓLEO EM FPSO.**

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para a obtenção de Certificado de Competência Regra II/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Data da Aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Claudia Segadilha Adler

---

Prof. Eng. Esp. José Barbosa da Silva Filho

---

Prof. Hermann Regazzi Gerk

NOTA FINAL: \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer primeiramente a Deus, que é a razão maior do meu viver e sem o qual seria impossível a vida.

A meus pais que sempre me apoiaram e que nunca me deixaram desanimar na minha caminhada.

Agradeço aos meus orientadores Prof. José Barbosa e Paulo Pinto e a Dr<sup>a</sup> Claudia Adler que acrescentaram em muito à minha vida.

E aos meus colegas de turma pelo bom convívio e companheirismo.

## EPÍGRAFE

Seu tempo é limitado. Por isso, não perca tempo em viver a vida de outra pessoa. Não se prenda pelo dogma, que nada mais é do que viver pelos resultados das ideias de outras pessoas.

*Steve Jobs.*

Nós somos aquilo que fazemos repetidas vezes, repetidamente. A excelência, portanto não é um feito, mas um hábito.

*Aristóteles*

A distância entre o sonho e a conquista chama-se atitude.

*Johnnie Walker.*

## RESUMO

O presente trabalho tem como principal objetivo, mostrar os tipos de linhas de mangotes utilizados nos sistema de offloading nas plataformas tipo FPSO e monobóias na Bacia de Campos, além de apresentar de forma objetiva as características necessárias que precisam para executar essa escolha. Este trabalho será realizado com base nos mais de 10 anos de trabalho na área de terminais oceânicos na Bacia de Campos, padrões e procedimentos exigidos pelos fabricantes destes mangotes. Verifica-se que os terminais oceânicos são uma alternativa viável do ponto de vista financeiro e operacional especialmente em áreas costeiras isoladas ou onde portos naturais são raros ou onde o preço da construção de portos artificiais seja proibitivo, além de possuírem flexibilidade para exportação do produto através de oleoduto ou de Navio Aliviador. Será apresentada uma descrição das principais características dos mangotes flutuantes e submarino, limitações impostas pelo tipo de carcaça simples ou dupla considerando as vantagens e desvantagens das mesmas.

**Palavras-Chaves:** FPSO, Linha de Mangotes, Navio Aliviador

## **ABSTRACT**

The present work aims to show the types of lines used in hoses offload FPSO platforms and monobuoys in the Campos Basin system, and present objectively the necessary features that need to execute that choice. This work will be done based on over 10 years of work in the area of ocean terminals in the Campos Basin, and procedures required by manufacturers of these hoses. It appears that the ocean terminals are a viable alternative from a financial and operational standpoint particularly in isolated or where natural harbors are rare or where the price of construction of artificial harbors prohibitive coastal areas, in addition to having the flexibility to export the product through pipeline or ship Reliever. A description of the main features of floating and submarine hoses, limitations imposed by the type of single or double housing considering the advantages and disadvantages of these lines of hose will be presented.

Key words: FPSO, Hose Line, Shuttle Tanker

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Dados do FPSO	32
Tabela 02	Dados do Aliviador	33
Tabela 03	Propriedades do cabo de amarração e amarra	34



## LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 01	Navio plataforma FPSO na Bacia de Campos	13
Figura 02	FPSO ao realizar operação de offloading com um aliviador	14
Figura 03	Exemplos de mangotes de offloading	15
Figura 04	Armazenamento de linha de mangotes em carretéis	16
Figura 05	Mangote flutuante em armazenamento livre	16
Figura 06	Esquema de mangote de carcaça simples e camadas	18
Figura 07	Esquema de mangote de carcaça dupla	19
Figura 08	Esquema estrutura de um mangote de carcaça dupla.(a),flange, (b) nipple, (c) primeira carcaça, (d) segunda carcaça,(e) flutuadores, e (f) cobertura.	19
Figura 09	Flange	21
Figura 10	Região de junção do nipple com o elastômero	22
Figura 11	Exemplos de possíveis configurações de fibras em tecidos	24
Figura 12	Representação de mangote com suavização da transição de rigidez	25
Figura 13	Enrijecedor (bend stiffeners)	25
Figura 14	Moedor da borracha bruta	27
Figura 15	Cortador de elastômero em fitas	27
Figura 16	Confecção das camadas compósitas poliméricas para reforço	28
Figura 17	Posicionamento da estrutura de conexão	28
Figura 18	Revestimento da camada de liner	29
Figura 19	Assentamento das camadas de fibras poliméricas	29
Figura 20	Assentamento do espiral metálico realizado manualmente.	30
Figura 21	Mandril e as diversas camadas do mangote submetido ao forna para realização da vulcanização.	31
Figura 22	Dados do FPSO	33
Figura 23	Posição manifold meia nau Aliviador comendações	34
Figura 24	Condição: FPSO em lastro & Aliviador totalmente carregado	35
Figura 25	Condição: FPSO totalmente carregado & Aliviador em lastro	37
Figura 26	Operação de offloading com linha flutuante	40
Figura 27	Principais pontos de atenção da linha	41
Figura 28	Configurações em lanterna chinesa, steep S e lazy S	42
Figura 29	Operação de offloading com linha submarina	43

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALIVIADOR – Navio petroleiro

BLS – (Bow Loading System) - Sistema de Carregamento de Proa

CALM – (Catenary anchor leg mooring) Ancoragem através de monóbia

FPSO - (Floating Production, Storage & Offtake Vessel) – Unidade Flutuante de Produção, Armazenamento e Descarregamento.

FSO - (Floating Storage Unit) – Unidade Flutuante de Armazenamento e Descarregamento

IO – Instalação *Offshore* - Sistemas Flutuantes tais como F(P)SOs, SBM, SBM-FSO, SPU, ou mesmo navios de perfuração ou sondas que estão produzindo, perfurando, armazenando ou transferindo óleo dentro da Posição Geográfica da Bacia Marítima

LED – Diodo emissor de luz.

MANIFOLD – Tomadas de carga meia nau do aliviador.

MARPOL (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) – Convenção da IMO que trata sobre a Poluição no Mar

OCIMF (Oil Companies International Marine Forum) – Fórum Marítimo Internacional das Companhias de Petróleo

OFFLOADING – Operação de transbordo e transferência de petróleo em alto mar

OFFSHORE – Operações em alto mar

PLEM – Manifold posicionado no solo marinho

SBM – Monóbia de Amarração. Uma unidade flutuante equipada com *manifold* de tubulação e instalações para amarrar uma embarcação e para importar/exportar óleo bruto.

TO – Terminal Oceânico. Instalação a partir da qual são realizadas operações de *Offloading*, tais como F(P)SOs, monóbias de amarração ou combinações (i.e., um NAVIO ALIVIADOR amarrado a uma monóbia de amarração e usado como FSO)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>BREVE HISTÓRICO DO PROBLEMA</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIÇÃO DOS MANGOTES</b>	<b>17</b>
<b>3.1</b>	<b>Flange</b>	<b>20</b>
<b>3.2</b>	<b>Nipple</b>	<b>21</b>
<b>3.3</b>	<b>Liner e camadas elastoméricas</b>	<b>22</b>
<b>3.4</b>	<b>Cordonéis(plies)</b>	<b>23</b>
<b>3.5</b>	<b>Enrijecedor à flexão(bend stiffeners)</b>	<b>25</b>
<b>3.6</b>	<b>Flutuadores</b>	<b>26</b>
<b>3.7</b>	<b>Fabricação de mangotes</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>PROJETO DE UMA LINHA DE TRANSFERÊNCIA</b>	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>Dados do FPSO</b>	<b>32</b>
<b>4.2</b>	<b>Dados do Aliviador</b>	<b>33</b>
<b>4.3</b>	<b>Propriedades do cabo de amarração e amarra</b>	<b>34</b>
<b>4.4</b>	<b>Metodologia usada no cálculo comprimento do mangote flutuante</b>	<b>35</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Condição: FPSO em lastro e aliviador totalmente carregado</b>	<b>35</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Condição: FPSO totalmente carregado e aliviador em lastro</b>	<b>37</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Mangote flutuante: quantidade mínima requerida</b>	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS LINHAS</b>	<b>40</b>
<b>5.1</b>	<b>Linha de mangote flutuante</b>	<b>40</b>
<b>5.2</b>	<b>Linha de mangote submarino</b>	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>45</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A descoberta e a consolidação da atividade exploratória offshore (no mar) no país abriram novos horizontes para as empresas, que até então, só exploravam óleo em campos terrestres. Iniciaram-se os trabalhos exploratórios na Bacia de Campos, que hoje divide com as bacias do Espírito Santo e de Santos os melhores resultados em produção. Com isso surgiram novos tipos de terminais oceânicos como FPSO que serve de produção, armazenamento e transferência do óleo que é feita através de linha de mangotes para navios aliviadores.

Será abordado os tipos de linha mangote utilizadas na transferência de óleo das unidades FPSO para os navios aliviadores, qualidades dessas linhas, sistemas de detecção e monitoração desses mangotes, disposição da linhas, tipos de armazenamento a bordo ou no mar. Cálculo do comprimento de uma linha flutuante, assim como seus componentes, mostrando as vantagens e desvantagens.

## 2 BREVE HISTÓRICO DO PROBLEMA

Na exploração marítima de petróleo mundial, o Brasil é o país que mais faz uso de unidades flutuantes do tipo FPSO (*Floating, Production, Storage and Offloading*- Figura 1) em atividade no mundo (*World Survey of FPSO Units, 2013*). A extensiva utilização de FPSOs na exploração brasileira de petróleo *offshore* demonstra-se comprovadamente eficaz e, conseqüentemente, cresce a altas taxas. Fato esse que pode ser justificado pelas atrativas características inerentes a este tipo de unidade flutuante, a dizer, as capacidades de: realização das atividades de produção, armazenamento e alívio.



Figura .1 - Navio plataforma FPSO na Bacia de Campos (PETROBRAS,2008)

Essas últimas duas características são aquelas que definem as maiores vantagens na utilização desse tipo de unidade, pois tornam a presença do sistema de

escoamento permanente, constituído usualmente por oleodutos rígidos e/ou flexíveis, desnecessária, assim como pode se fazer desnecessária a presença de estruturas auxiliares para armazenamento, tais como monobóias ou unidades FSO (*Floating, Storage and Offloading*). Assim, diminui-se o custo de implantação da unidade de produção, além de também diminuir o número de possíveis pontos de falha no sistema de produção como um todo.

É de extrema importância que tais sistemas de alívio sejam executados da melhor maneira possível, para, assim, diminuir os riscos de derramamento de óleo nos oceanos. A utilização de Navios Aliviadores é o método mais utilizado nesta prática, a qual se dá por: aproximação, de um navio com alta capacidade de armazenamento (Figura 2); utilização de mangotes, para a conexão do Navio Aliviador com o FPSO, monobóia ou FSO; e bombeio do fluido armazenado para o Navio Aliviador. Dessa maneira, os mangotes se mostram peças fundamentais para a realização das operações de offloading.



Figura 2 – FPSO ao realizar operação de offloading com um Aliviador (TEXACO,2001)

Os mangotes, ilustrados na figura 3, podem ser considerados dutos flexíveis de camadas aderentes. As camadas internas desse tipo de duto encontram-se embebidas em uma matriz polimérica, usualmente, um elastômero, e solidarizadas pelo processo de vulcanização deste. Dessa forma, ao contrário dos típicos dutos

flexíveis de camadas não aderentes empregados na indústria petrolífera *offshore* (API,2002), não há deslizamento relativo entre as camadas internas de um mangote quando esse é submetido aos diferentes esforços de operação.

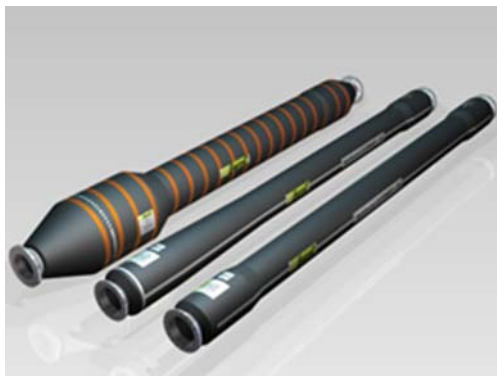


Figura 3 – Exemplos de mangotes de offloading(TRELLEBORG,2013)

Os mangotes são, usualmente, compostos por diferentes partes, que podem se encontrar em diferentes arranjos e possuem diferentes funções. As principais partes e suas respectivas funções são: o *flange*, que permite a ligação entre mangotes; o *nipple*, que funciona como ponto de ancoragem para a matriz polimérica e as camadas de reforço; o *liner*, que dá forma e estanqueidade à estrutura; as *plies*, que fornecem rigidez e evitam a propagação de possíveis rasgos no *liner*, o *bend stiffener* ou enrijecedor à flexão, que fornece rigidez à flexão e resistência aos carregamentos radiais; e os *flutuadores*, que visam a diminuir a massa específica da linha, a fim de conferir-lhe alguma flutuabilidade.

Os mangotes podem ser armazenados sobre o casco do FPSO (ou FSO), enrolados em grandes carretéis metálicos (Figura 4) ou sistema de calha, para mangote principal ou, no caso das linhas flutuantes, podem ser armazenadas flutuando na superfície do mar, como mostra a Figura 5. Neste caso, uma extremidade do mangote é conectada ao FPSO enquanto a outra, que em operação é conectada ao navio aliviador, é deixada livre. É muito importante notar que só é possível o armazenamento dos mangotes por esse processo se a extremidade livre estiver equipada com uma válvula de vedação, que irá impedir o vazamento de óleo. Outra possibilidade é adotar a configuração de catenária, livre ou auxiliado por colares de flutuação, na qual o duto fica totalmente submerso.

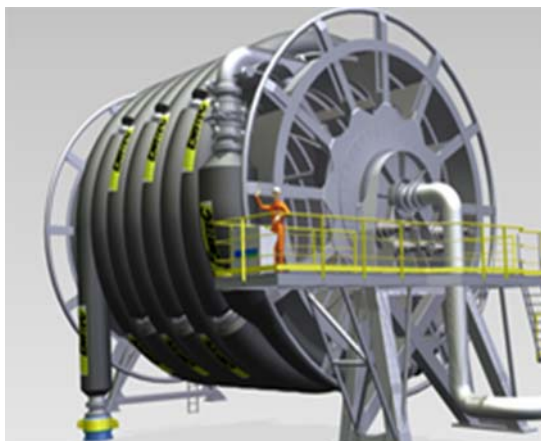


Figura 4 – Armazenamento de linha de mangotes em carretéis(EMSTEC,2013)



Figura 5 – Mangote flutuante em armazenamento livre(TRELLEBORG,2013)

Nesse contexto, é fundamental dispor de ferramentas teóricas para previsão da resposta estrutural dos mangotes considerando diferentes tipos de solicitações para que seu projeto se torne mais eficiente, robusto e seguro.



### 3 DESCRIÇÃO DOS MANGOTES

Os mangotes de *offloading*, podem ser submarinos ou flutuantes, sendo os submarinos pintados com uma linha branca ao longo do comprimento e de duas linhas circundando as extremidades. Os flutuantes devem ser pintados com uma linha em espiral laranja. Eles são considerados dutos flexíveis de camadas aderentes. Seu conceito, contudo, diferencia-se um pouco dos dutos flexíveis de camadas aderentes utilizados no escoamento de hidrocarbonetos de poços *offshore* até a unidade de produção (*riser* flexíveis de produção), principalmente no que tange as camadas de reforços estruturais. A estes dutos de produção são, normalmente, atribuídas armaduras de tração, pressão e carcaça intertravada, ou seja, adotam conceito semelhante aos dutos de camadas não aderentes. Todavia, a principal diferença em relação aos últimos, dutos de camadas aderentes e de camadas não aderentes, acha-se na impossibilidade ou na possibilidade, respectivamente, de movimento relativo entre camadas desses dutos.

Nos mangotes, as armaduras metálicas não estão presentes. Logo, é necessária a utilização de estruturas que lhes forneçam reforço estrutural. As camadas utilizadas são, assim, formadas por tecidos poliméricos, por cordoalhas poliméricas ou por cordoalhas de aço, cuja função é, basicamente, o incremento da resistência estrutural do mangote e da rigidez do mesmo. Pode-se, além dessas, utilizar elementos que incrementem a rigidez radial do duto que, comumente, são formados por hélices ou anéis de aço (OCIMF, 1991).

De acordo com a composição estrutural dos mangotes, esses podem ser classificados em mangotes de carcaça simples ou dupla. Por carcaça, entende-se o conjunto de camadas, estruturais e de vedação, que devem possuir propriedades específicas e suportar limites estabelecidos em testes padrões definidos por norma. Com a exceção do contato entre as carcaças, no caso da carcaça dupla, as camadas não apresentam deslocamentos relativos, pois são aderidas pelo processo de vulcanização do elastômero (OCIMF, 1991).

Todos os mangotes devem conter um sistema capaz de detectar vazamento (OCIMF,1991). Assim, a maior vantagem da utilização de mangotes com carcaça dupla ao invés de estruturas com carcaça simples é a existência de um conjunto adicional de camadas, que irá conter o óleo caso haja falha na carcaça mais interna. Nas Figuras 6 e 7 podem ser visualizadas as principais camadas dos mangotes de carcaça simples (Figura 6) e de carcaça dupla (Figura 7). A Figura 8 apresenta, de forma esquemática, a extremidade de um mangote de carcaça dupla.

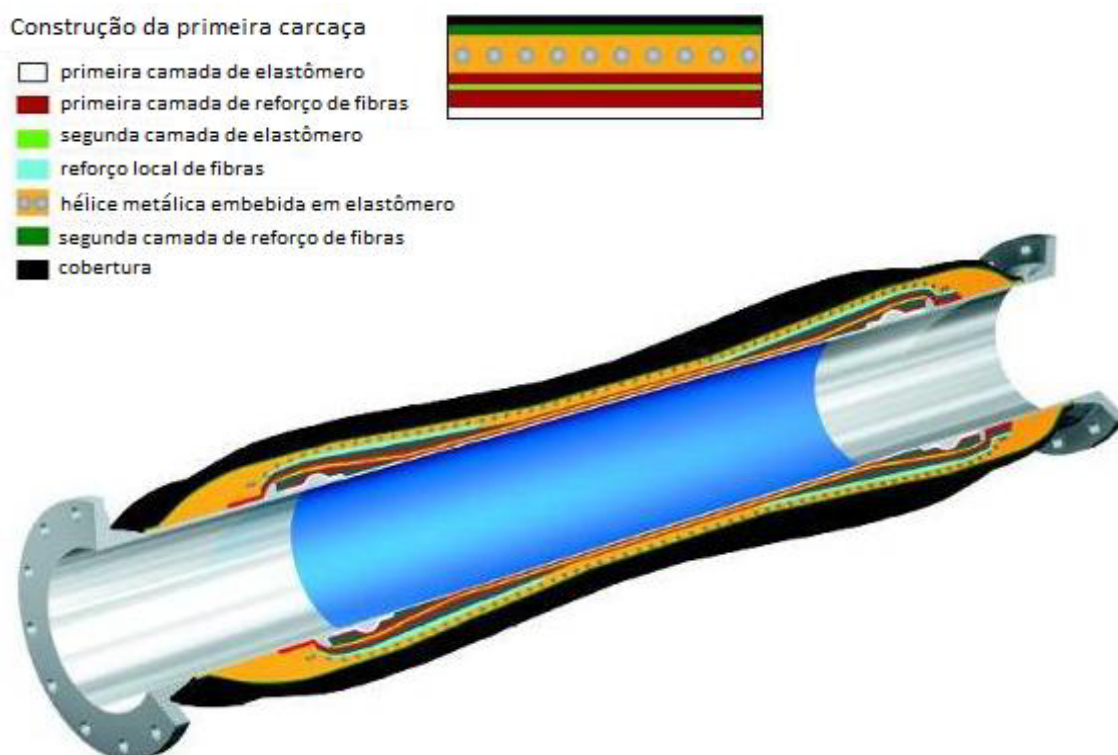


Figura 6 – Esquema de mangote de carcaça simples e camadas(DUNLOP OIL MARINE).

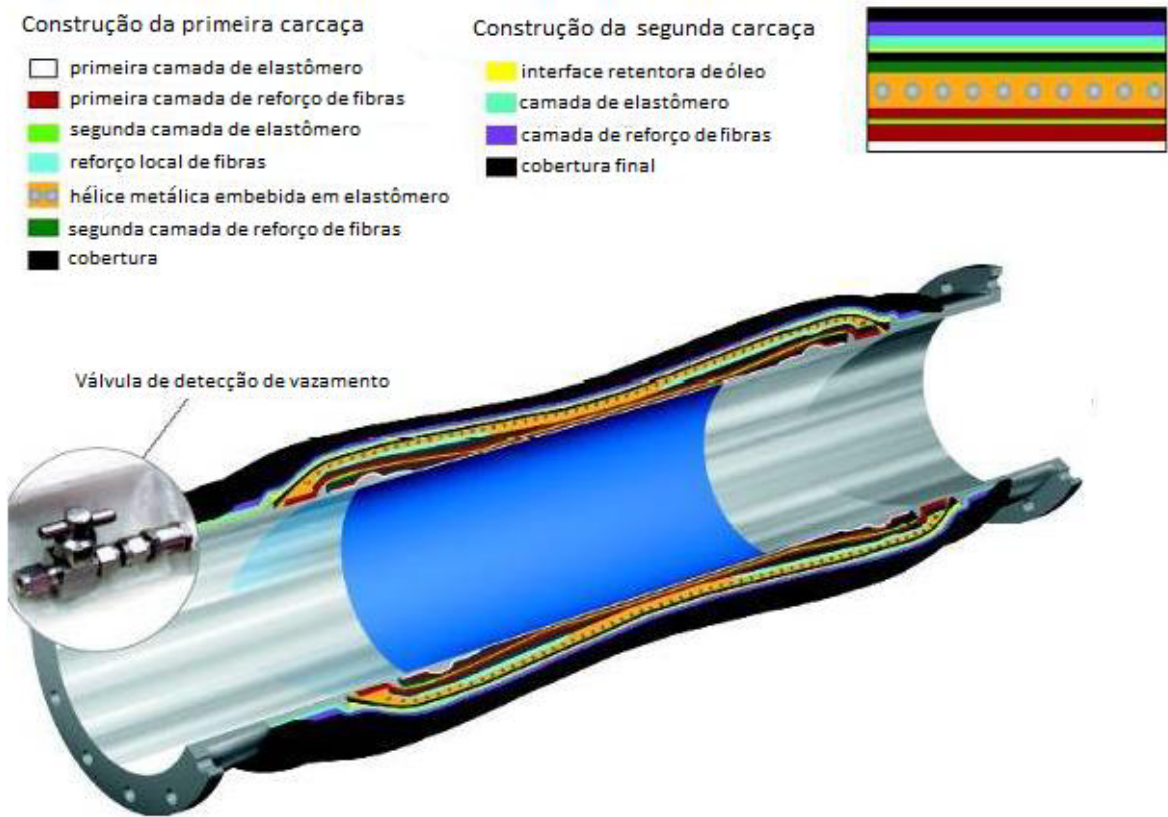


Figura 7 – Esquema de mangote de carcaça dupla(DUNLOP OIL MARINE)

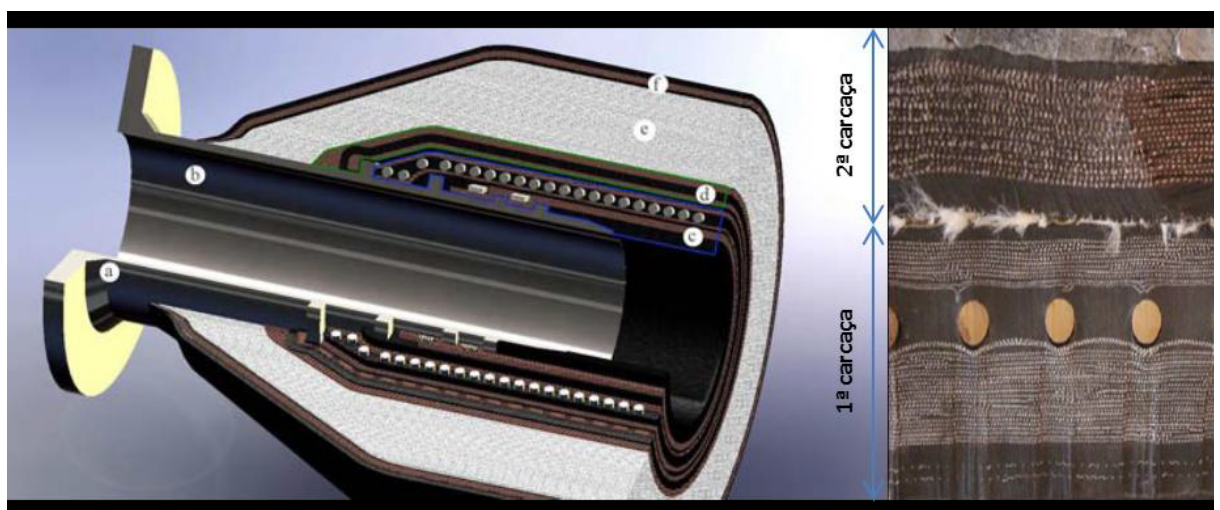


Figura 8 – Esquema da estrutura de um mangote de carcaça dupla. (a) flange, (b) nipple, (c) primeira carcaça, (d) segunda carcaça, (e) flutuadores, e (f) cobertura(DUNLOP OIL MARINE)

Em ambas as estruturas, a primeira carcaça tem, geralmente, suas camadas organizadas da seguinte maneira, da mais interna à mais externa: *liner* (primeira camada de elastômero); camada de reforço com fibras poliméricas (cordonéis), primeira camada de *plies*; hélice metálica, o *bend stiffner* (enrijecedor à flexão); segunda camada de *plies*; e cobertura. Todas essas camadas de reforços estão embebidas em uma matriz elastomérica.

Na interface entre a primeira e segunda carcaça, há um tecido polimérico que permite o deslizamento relativo entre elas. Na segunda carcaça, analogamente à primeira, tem-se: *liner*, primeira camada de *plies*; segunda camada de *liner* e a cobertura. Novamente aqui todas as camadas estão embebidas por uma matriz elastomérica.

No caso dos mangotes flutuantes, após a segunda carcaça, uma camada adicional de poliuretano de baixa densidade – flutuador – é aderida para garantir fluviabilidade à estrutura. Finalmente, essas camadas são envolvidas por uma última camada de cobertura, a qual deve ser resistente às intempéries do ambiente e assinalada por coloração forte (OCIMF, 1991). A seguir, os principais componentes e camadas, assim como seu processo de fabricação.

### **3.1 Flange**

Os mangotes são fabricados como dutos de comprimento padrão, que podem assumir, mais comumente, os comprimentos de 9,10 ou 12,20 metros (OCIMF, 1991). Esses mangotes de carcaça única e carcaça dupla são construídos com flange, cuja função é a ligação entre os mangotes. A fabricação consiste na utilização de fios de aço de junção, fixados no niple, para bloquear a estrutura do corpo do mangote. A elevada resistência operacional é obtida pela perfeita junção e adesão entre a estrutura do corpo do mangote e o flange. Os flanges estão em conformidade com a norma ASME B16.5 Classe 150 ou Classe 300. Mangotes first

off e tanker rail são fornecidos com olhais de içamento para facilitar o manuseio e instalação.

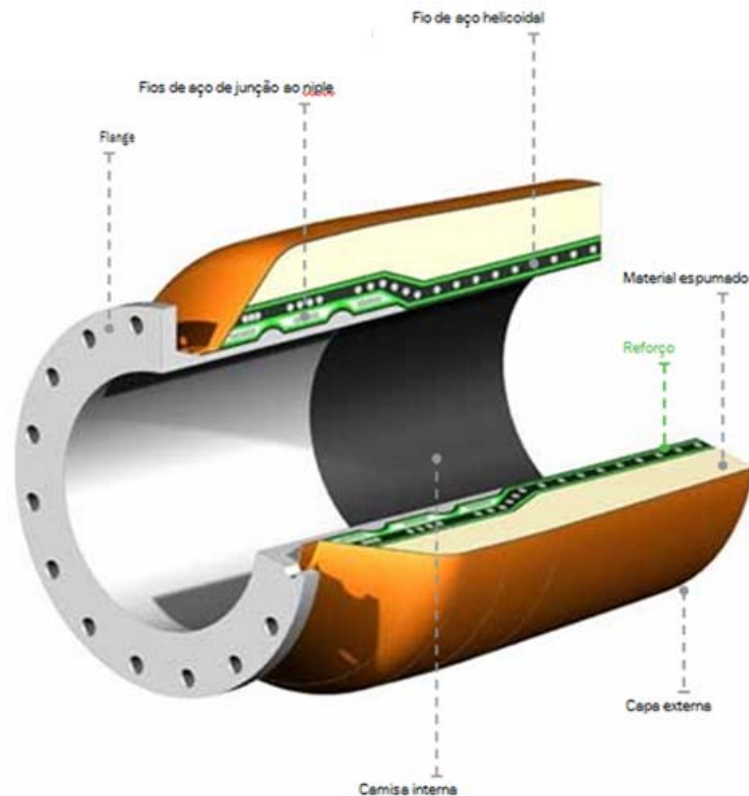


Figura 9 – Flange(TRELLEBORG,2013)

### 3.2 Nipple

O *nipple* consiste em um segmento de tubo de aço, em geral do mesmo material do *flange*, cuja função fundamental é a ancoragem das diversas camadas do duto. A estrutura do *nipple* pode ser produzida durante o processo de manufatura do duto ou pode ser produzida e instalada posteriormente. Essa estrutura tem duas funções principais: transmitir cargas axiais e momentos fletores ao duto; e fornecer uma transição de pressão entre o corpo do duto e o *flange* (API, 2002).

Para garantir a adesão do elastômero ao *nipple*, empregam-se processos químicos e mecânicos. Quimicamente, adesivos de policloropreno (CR) ou resinas epóxi são colocadas sobre o *nipple* e na face interna do *liner*. Além disso, mecanicamente, saliências na peça de aço são utilizadas, em diferentes tamanhos, para garantir o

travamento entre o elastômero e o *nipple*, essas são os *anullar ribs* (Figura 10, elemento *a*). Esse travamento é garantido tanto por amarras de arames tracionadas, que passam por cima de cada camada, como pelo aumento do atrito gerado por essas estruturas proeminentes (Figura 10, elemento *b*).

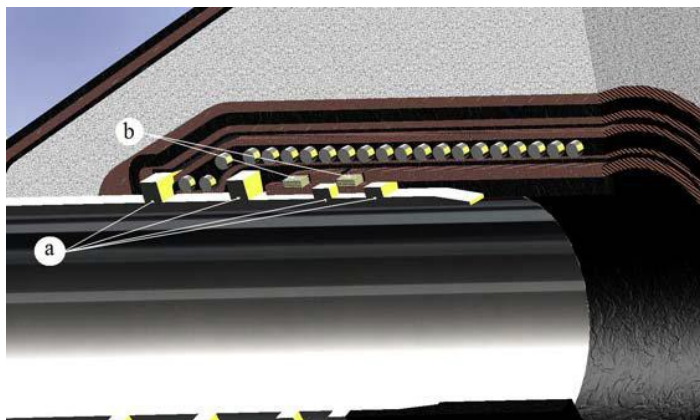


Figura 10 – Região de junção do nipple com o elastômero(TRELLEBORG,2013)

### 3.3 *Liner* e camadas elastoméricas

O *liner* é constituído por uma camada de elastômero sem nenhum tipo de reforço. Uma de suas funções mais importantes é garantir a estanqueidade do mangote, ou seja, o *liner* não deve permitir o vazamento do óleo para o meio externo. O *liner* deve, ainda, transmitir a pressão imposta pelo óleo transportado às camadas de reforço estrutural e não deve permitir que esse óleo entre em contato com os elementos responsáveis pelo reforço estrutural do mangote, pois esses elementos são, muitas vezes, susceptíveis à corrosão em presença de hidrocarbonetos. O material que constitui o *liner* deve apresentar propriedades elásticas e resiliência adequadas à flexibilidade e complacência requeridas, além de ser capaz de aderir ao material elastomérico envolvente durante o processo de vulcanização.

As outras camadas elastoméricas estão presentes sob a forma de cobertura – responsável pelo contato com o ambiente externo e, conseqüentemente submetida às ações ambientais, físicas e/ou químicas – e de compósitos – responsável pelo envolvimento do reforço estrutural, com características muito similares às do *liner*. Ambas as camadas devem apresentar características em comum, mecânica e

quimicamente. Desse modo, são considerados como características inerentes a todas as camadas elastoméricas: a capacidade de adesão, a elasticidade, a resistência ao rasgo, a capacidade de compressão, a impermeabilidade a fluidos e a resistência ao óleo escoado e ao envelhecimento.

Os materiais mais empregados na construção do *liner* e das camadas de compósitos, devido à maior similaridade de funções, são os mesmos. Dentre os mais comuns estão: a borracha nitrílica (NBR), a borracha nitrílica hidrogenada (HNBR) e a borracha de policloropreno (CR). Já para a camada de cobertura, podem ser utilizados elastômeros diferentes, visto que as funções e o ambiente a que está exposta das ações ambientais, físicas ou químicas difere das do *liner* e das de compósitos. Os principais elastômeros utilizados como cobertura são as borrachas de butadieno estireno (SBR), as borrachas de poliuretano (PUR) e as borrachas de policloropreno (CR). É relevante ressaltar que as propriedades mecânicas dos elastômeros são garantidas pelo processo de vulcanização. Esse processo consiste na adição de enxofre, sob a presença de catalisadores, a altas temperaturas. O enxofre é adicionado sob a forma sólida de negro de carbono. Logo, quanto maior a adição de enxofre maior a dureza adquirida pelo elastômero pós-vulcanização. Outros fatores que influenciam esse processo são o tempo e a temperatura de realização do mesmo. A influência desses fatores também é direta, ou seja, quanto maior o tempo de exposição, ou a temperatura do processo, maior será a quantidade de enxofre absorvido pelo elastômero e, por conseguinte, maior sua dureza final.

### **3.4 Cordonéis (*plies*)**

*Plies* ou cordonéis são as camadas responsáveis pelo reforço estrutural do mangote. Podem ser divididas, basicamente, em três tipos: *reinforcement*, *breaker* e *shoulder plies*. Essas camadas são usualmente compostas por cordas ou por cordoalhas formadas por fibras sintéticas.

Os *reinforcement plies* são responsáveis pelo fornecimento de rigidez e resistência mecânica do mangote, enquanto a flexibilidade é fornecida pela matriz elastomérica. Essas cordoalhas envolvem o duto e, geralmente são assentadas com um ângulo baixo em relação ao seu eixo axial.

Os *breaker plies* possuem como principal função evitar que rasgos no elastômero se propaguem radialmente. Por isso, é usual que as cordoalhas sejam assentadas e organizadas em forma de telas, como mostrado na Figura 11. Geralmente o *nylon* é o material escolhido para a composição das cordoalhas de reforço, uma vez que estes são mais resistentes a óleo cru que o poliéster e possuem um maior alongamento na ruptura. São posicionados próximos às superfícies livres, entre as carcaças e na interface do elastômero com outra camada, onde, devido à diferença de resistência, o aparecimento do rasgo é mais comum.

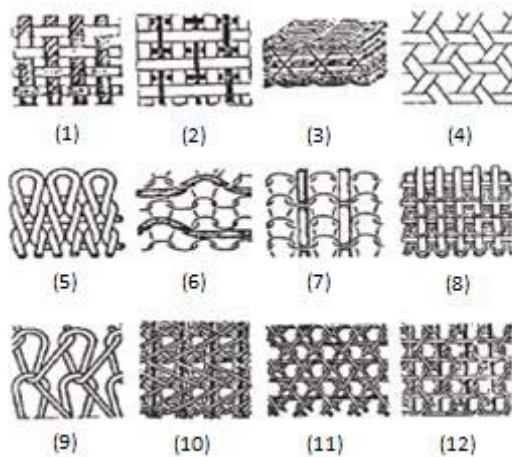


Figura 11 - Exemplos de possíveis configurações de fibras em tecidos-Breaker Plies(SINGHA & SINGHA,2012)

Os *shoulder plies* possuem a mesma estrutura das camadas de *reinforcement plies* ressaltadas anteriormente. Contudo, esses são assentados em ângulos ainda menores do que as camadas de *reinforcement plies*. Como função principal, pode-se destacar o reforço à rigidez axial com o intuito de atenuar o gradiente de rigidez encontrado na região de transição *nipple*-elastômero.



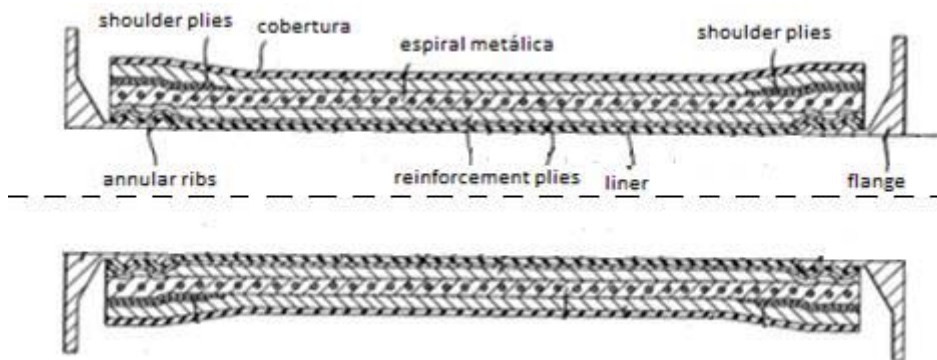


Figura 12 – Representação de mangote com suavização da transição de rigidez(HENRY,1980)

### 3.5 Enrijecedor à flexão (*bend stiffeners*)

Os *bend stiffeners* ou enrijecedores à flexão são formados, normalmente, por arames de aço assentados helicoidalmente que se estendem ao longo do duto e possuem duas funções: incrementar a resistência á flexão do mangote; e evitar o esmagamento da seção, ou seja, permitir que a tensão transmitida seja progressivamente aliviada, reduzindo, portanto, a fadiga e aumentando a vida útil do mangote.

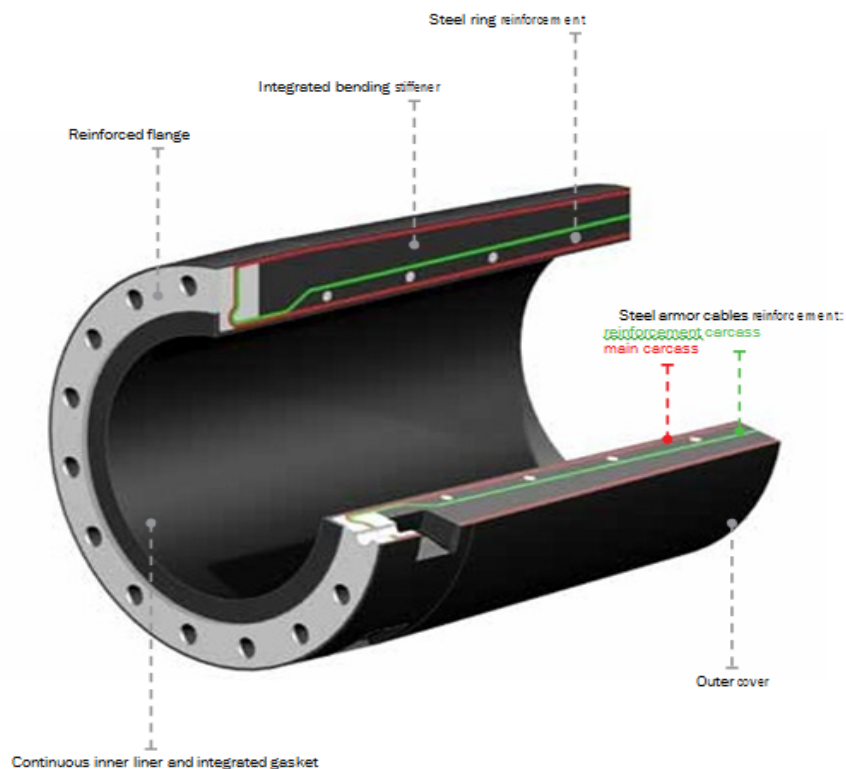


Figura 13 – Enrijecedor (bend stiffeners)(TRELLEBORG,2013)

### 3.6 Flutuadores

A composição dos mangotes flutuantes é praticamente a mesma que a dos mangotes submarinos, com exceção da camada de flutuadores. A função primária dessa camada de flutuadores é a redução do peso específico do mangote. Os flutuadores são constituídos de uma espuma polimérica, geralmente o poliuretano (PU) de célula fechada, que não permite a entrada de fluido.

A camada de flutuação deve atender aos requisitos determinados pela OCIMF(1991), a saber:

- Resistir por 24 horas à pressão externa equivalente a 10 metros de profundidade de água, sem que haja colapso desta camada e, conseqüentemente, a diminuição do diâmetro e a perda de flutuabilidade;
- Não absorver água, evitando assim o acréscimo de peso na estrutura.

### 3.7 Fabricação de mangotes

A fabricação dos mangotes é realizada, atualmente, por diversas companhias, das quais as principais são: *Flexomarine, Dunlop Oil and Marine, Goodyear, Trelleborg, Manulli Rubber, Pirelli e Yokohama*. Para este trabalho, será descrito o procedimento realizado na construção de mangotes de carcaça simples, pois, a segunda carcaça é produzida de maneira análoga à primeira.

Inicialmente, a borracha é recebida pelo fabricante sem nenhum tipo de tratamento térmico. Essa borracha passa, então, por uma máquina que a tritura e aquece (Figura 14). Com o aquecimento, o material é amolecido e, por conseguinte, obtém superfície mais homogênea e lisa. Posteriormente, essa borracha termicamente tratada é enrolada em carretéis, os quais são submetidos em seqüência a uma máquina que os corta em determinadas larguras, estabelecidas pelas dimensões do mangote escolhido como diâmetro e comprimento, conforme a Figura 15.

Após a borracha ser tratada e agrupada em carretéis, devem ser produzidas as camadas de reforços poliméricos, que são responsáveis pelo aumento da rigidez

axial da estrutura. Essas camadas são constituídas de um conjunto de fibras poliméricas de alta resistência revestidas pelo elastômero já tratado. Esse processo é conhecido por *coating* e é ilustrado pela Figura 16.



Figura 14 - Moedor da borracha bruta(PREMIER RUBBER CO,2012)



Figura 15 – Cortador de elastômero em fitas(PREMIER RUBBER CO,2012)



Figura 16 – Confeção das camadas compostas poliméricas para reforço, o "coating"  
(TRELLEBORG,2011)

Para a fabricação do mangote, a primeira medida a ser tomada deve ser o assentamento do mandril, ou seja, um tubo metálico de comprimento final compatível com o projetado para o mangote é acomodado em uma máquina capaz de proporcionar a rotação axial do mesmo. A esse tubo serão aplicadas as diversas camadas, o que confere ao tubo metálico a função de molde. É realizada, após o assentamento do tubo, a lubrificação do mesmo, a fim de garantir a fácil desconexão do mangote ao final do processo de fabricação. As primeiras estruturas a serem assentadas no mandril são os dois *flanges-nipples*, que são posicionados em suas extremidades, conforme mostra a Figura 17.

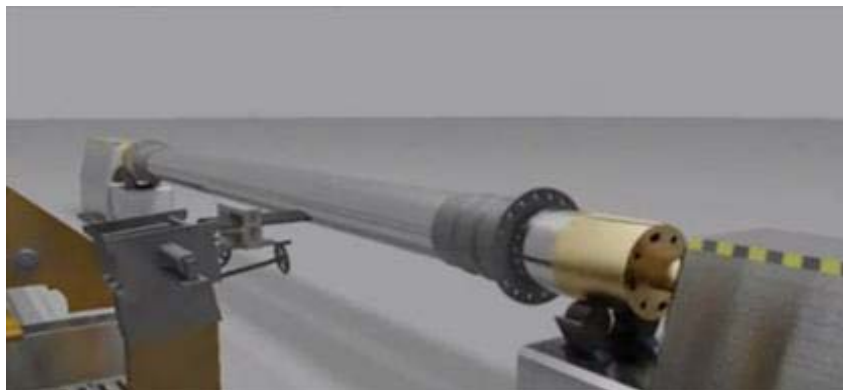


Figura 17 – Posicionamento da estrutura de conexão(FLEXOMARINE,2010)

Com as estruturas de interconexão (*flanges-nipples*) posicionadas, aplica-se a primeira camada de elastômero, manual ou automaticamente. Em ambos os casos, as tiras de elastômero são enroladas de uma ponta a outra do mandril, à medida que este gira axialmente. Essa operação é realizada em sucessivos passos e apenas deve ser interrompida quando a espessura final da primeira camada de *liner* for atingida (Figura 18).



Figura 18 - Revestimento da camada de liner(FLEXOMARINE,2010)

Após a confecção da primeira camada de elastômero, deve ser feito o assentamento das camadas de reforços. Começa-se pelo assentamento do reforço polimérico, o qual é, usualmente, automatizado, pois é importante ter controle sobre o ângulo de assentamento das fibras na produção dos mangotes. São assim enroladas lâminas de fibras revestidas de elastômero contra-helicoidalmente até que seja atingida a quantidade de reforço determinada em projeto para a especificada camada, como mostra a Figura 19.



Figura 19 – Assentamento das camadas de fibras poliméricas(FLEXOMARINE,2010) .

O próximo passo é o assentamento do espiral metálico. Esse componente é geralmente sobreposto à primeira camada de compósito polimérico. A operação é, na maioria das vezes, realizada manualmente (Figura 20). Após o assentamento do enrijecedor, outro conjunto de lâminas de fibras deve ser colocado sobre o mesmo, a fim de garantir a aderência e a trabalhabilidade do enrijecedor com o restante do mangote. Todas as camadas de fibras são adicionadas ao molde do mesmo modo descrito anteriormente.

Logo após, são aplicadas duas camadas de elastômero finais, da mesma maneira que a primeira camada foi descrita. A diferença existente entre essas camadas de elastômeros são basicamente quanto a sua composição química e sua coloração. A primeira é composta, normalmente, do mesmo elastômero aplicado nas outras camadas aqui descritas e serve como base para a aplicação da espuma de poliuretano, quando o mangote fabricado for flutuante. Já a segunda, é composta por material elastomérico mais resistente à abrasão, à água do mar e às intempéries ambientais e, normalmente, recebe coloração viva, para tornar o mangote mais visível quando em operação, uma vez que este último revestimento elastomérico é responsável pela cobertura do mangote.



Figura 20 – Assentamento do espiral metálico realizado manualmente(PREMIER RUBBER CO,2012)

Após a aplicação dessas camadas elastoméricas faz-se a vulcanização, que é realizada dentro de um forno especial à temperatura fixa (Figura 21). Antes de submeter o mandril ao forno, deve-se adicionar uma camada de *nylon* úmido por cima da última camada de elastômero, que é responsável pela compressão entre as camadas durante a vulcanização e, conseqüentemente, colabora para fornecimento de aderência entre as camadas. Vale ressaltar, que essa camada de *nylon* é removida, dado o fim da vulcanização. Finalmente, retira-se o molde metálico e assim completa-se o processo de fabricação de um mangote de carcaça simples.

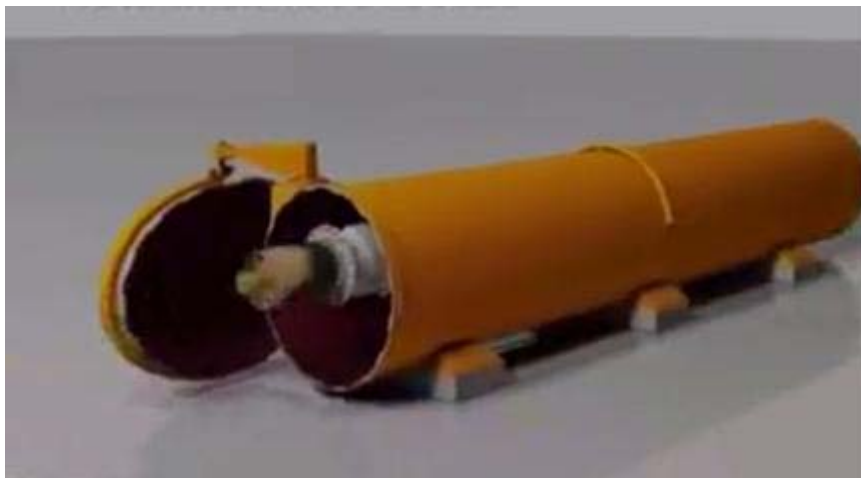


Figura 21 – Mandril e as diversas camadas do mangote submetidos ao forno para realização da vulcanização(FLEXOMARINE,2010)

## 4 PROJETO DE UMA LINHA DE TRANSFERÊNCIA

O objetivo é definir o comprimento mínimo de mangotes referentes a um FPSO e um Aliviador tipo Suezmax, usando mangote flutuante de carcaça dupla, tipo REELINE de fabricação da Trelleborg para offloading, com equipamentos auxiliares. Esta série de linha será instalada no carretel, localizado na popa do FPSO e a seção final deve estar adequada para ser conectada no manifold à meia nau do Aliviador.

### 4.1 Dados do FPSO

As características principais do FPSO a ser considerado na cálculo do comprimento do mangote são especificado na tabela abaixo:

<b>Carretel de Offloading do FPSO &amp; Condições Operacionais</b>	
Capacidade total do FPSO	1,300,000 bbl
Comprimento total	322.070 m
Comprimento entre perpendiculares	310.00 m
Boca moldada	56.00 m
Pontal moldado	30.30 m
Mínima borda livre a ré do FPSO totalmente carregado	5.80 m
Máxima borda livre a ré do FPSO em lastro	23.20 m
Calado a ré em lastro	7.10 m
Calado a ré totalmente carregado	24.50 m



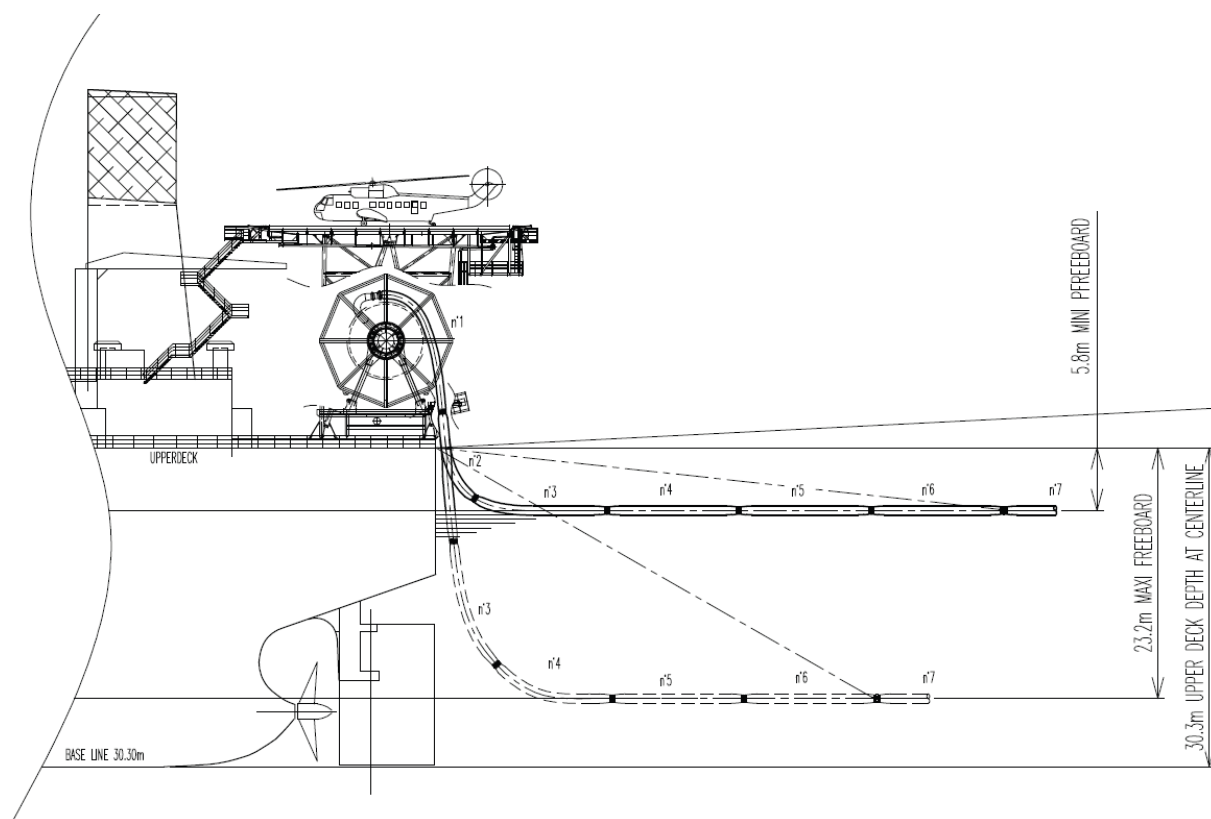


Figura 22 – Dados do FPSO (OSX,2012)

## 4.2 Dados do Aliviador

O sistema do mangote flutuante de offloading, será projetado para manuseio dedicado ao tamanho do aliviador tipo Suezmax de 120.000 a 200.000 Deadweight. Os dados usados no cálculo do comprimento da linha de mangotes, estão especificados na tabela abaixo:

Dados Suezmax – Manifold meia nau Aliviador	
Tamanho máximo Petroleiro	200,000 DWT
Comprimento total	297.60 m
Distancia da proa ao manifold a meia nau Aliviador	148.80m
Pontal moldado	26.60 m
Máxima borda livre meia nau em lastro	21.10 m
Elevação do manifold do Aliviador acima convés principal	2.10 m
Distância horizontal entre balaustrada e manifold	4.60 m

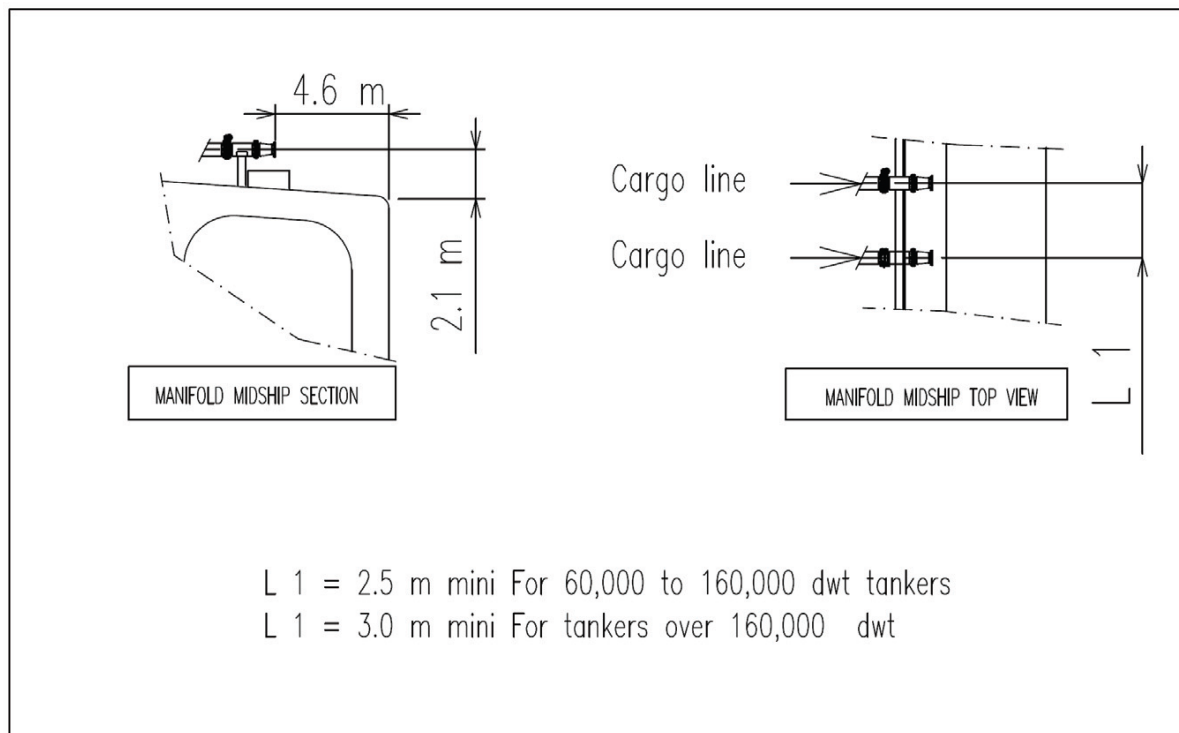


Figura 23 – Posição manifold meia nau Aliviador de acordo Recomendações OCIMF 4th 1991

### 4.3 Propriedades do cabo de amarração e amarra

As propriedades do cabo de amarração e da amarra, será estabelecido para o tamanho máximo do petroleiro, de acordo com os seguintes dados da tabela.

Propriedades Cabo Amarração	
Comprimento do Cabo sem amarra	150.00 m
Material	Nylon
Alongamento do cabo amarração quando molhado DMF	15% ( 22.5 m)
Carga de trabalho	200 t

O comprimento da amarra, será especificado a partir do sapatilho do cabo de amarração.

Amarra	
Comprimento a partir da buzina do FPSO	1.00 m
Comprimento a partir da buzina da proa do aliviador	3.00 m

## 4.4 Metodologia usada no cálculo do comprimento do mangote flutuante

O comprimento mínimo do mangote deve ser longo o suficiente para alcançar a conexão do manifold a meia nau do aliviador, a partir da junção do flange no FPSO (na parte superior do carretel mangote).

Portanto, a fim de estabelecer o comprimento necessário, ambas as condições operacionais de carregamento, serão analisadas como segue:

FPSO em lastro e o Aliviador totalmente carregado.

FPSO totalmente carregado e Aliviador em lastro.

### 4.4.1 Condição: FPSO em lastro e Aliviador totalmente carregado

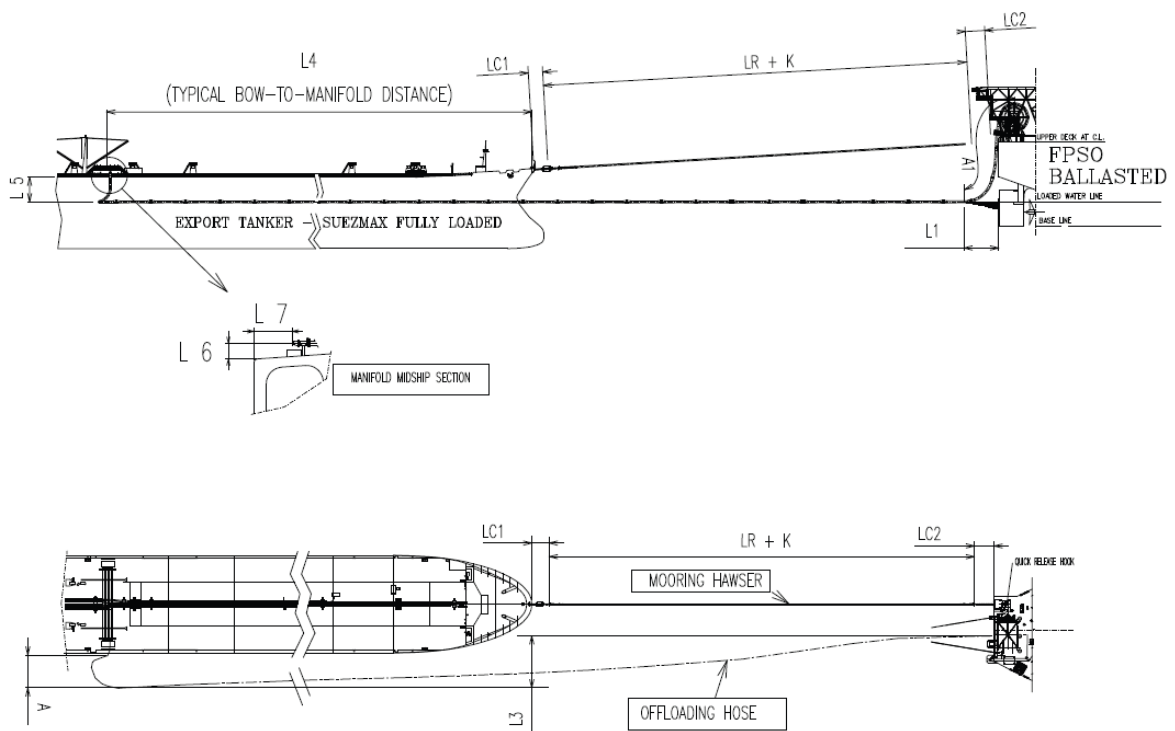


Figure 24 - Condição: FPSO em lastro & Aliviador totalmente carregado(OSX,2012)

O mangote flutuante será calculado e determinado, usando a seguinte fórmula:

L= cálculo comprimento mínimo total de mangote

$$L = (LR + K + LC1 + LC2 + L3 + L4 + L5 + L6 + L7 + A + A1) - L1$$

Onde:

<b>Símbolo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Valor</b>
LR	Máximo comprimento do cabo de amarração	150 m
K	Alongamento do cabo de amarração 15% (LR * elongation %)	22.5 m
LC1	Amarra a partir da buzina do aliviador	3 m
LC2	Amarra a partir da buzina do FPSO	1 m
L3	Comprimento do afastamento transversal entre carretel FPSO e manifold do aliviador	11 m
L4	Distancia da proa ao manifold de meia nau do aliviador	148.8 m
L5	Borda livre minima do aliviador (condição totalmente carregado)	8.4 m
L6	Elevação manifold acima convés principal aliviador.	2.1 m
L7	Distancia horizontal entre balaustrada e manifold do aliviador	4.6 m
A	Limite comprimento tear-drop da série mangotes, dentro d'água, na área manifold aliviador	9.15 m
A1	Carretel F(P)SO comprimento real catenária	48.8 m
L1	Catenária mangote F(P)SO na projeção horizontal	18 m

Portanto, o comprimento total necessário é calculado como segue:

$L = (150 + 22.5 + 3 + 1 + 11 + 148.8 + 8.4 + 2.1 + 4.6 + 9.15 + 48.8) - 18$
<b>CALCULADO COMPRIMENTO TOTAL DE MANGOTE NECESSÁRIO PARA ALIVIADOR CONEXÃO MEIA NAU</b>
<b>391 m (1283 ft)</b>

#### 4.4.2 Condição: FPSO totalmente carregado e Aliviador em lastro

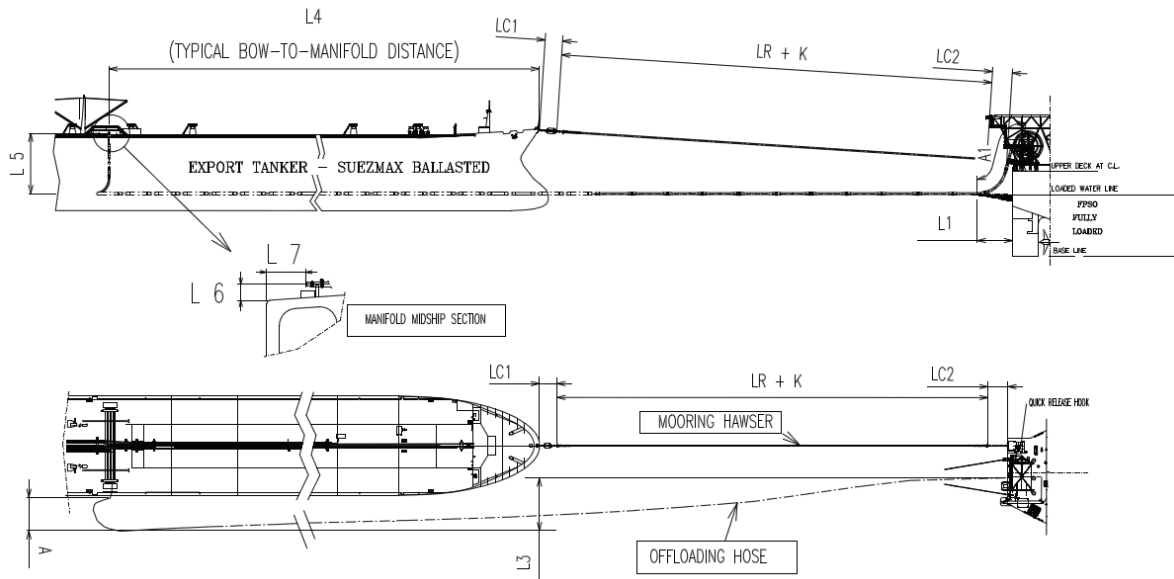


Figura 25 – Condição: FPSO totalmente carregado & Aliviador em lastro(OSX,2012)

O mangote flutuante será calculado e determinado usando a seguinte fórmula:

L= cálculo comprimento mínimo total de mangote

$$L = (LR + K + LC1 + LC2 + L3 + L4 + L5 + L6 + L7 + A + A1) - L1$$

Onde:

Símbolo	Descrição	Valor
LR	Máximo comprimento do cabo de amarração	150 m
K	Alongamento do cabo de amarração 15% (LR * elongation %)	22.5 m
LC1	Amarra a partir da buzina do aliviador	3 m
LC2	Amarra a partir da buzina do FPSO	1 m
L3	Comprimento do afastamento transversal entre carretel FPSO e manifold do aliviador	11 m
L4	Distancia da proa ao manifold de meia nau do aliviador	148.8 m
L5	Borda livre máxima do aliviador (condição em lastro)	21.1 m
L6	Elevação manifold acima convés principal aliviador .	2.1 m
L7	Distancia horizontal entre balaustrada e manifold do aliviador	4.6 m

A	Limite comprimento tear-drop da série mangotes, dentro d'água, na área manifold aliviador	9.15 m
A1	Carretel F(P)SO comprimento real catenária	25 m
L1	Catenária mangote F(P)SO na projeção horizontal	10 m

Portanto, o comprimento total necessário é calculado como segue:

$L = (150 + 22.5 + 3 + 1 + 11 + 148.8 + 21.1 + 2.1 + 4.6 + 9.15 + 25) - 10$
<p style="text-align: center;">CALCULADO COMPRIMENTO TOTAL DE MANGOTE NECESSÁRIO PARA ALIVIADOR CONEXÃO MEIA NAU 388 m (1273 ft)</p>

#### 4.4.3 Mangote flutuante – quantidade mínima necessária

O mínimo necessário de seção mangote será determinada usando a condição do FPSO em lastro e Aliviador totalmente carregado.

Element Length			
B = 1 <sup>st</sup> seção no carretel FPSO	1	20 inch	12.2 m
C = Mangote linha principal	$Q$	20 inch	12.2 m
D = redução de aço	1	20 inch / 16inch	0.3 m
E = Mangote tail com flutuabilidade adic.	3	16 inch	12.2 m
F = Acoplamento marítimo de ruptura	1	16 inch	1 m
G = Mangote Tanker Rail	1	16 inch	9.14 m
H = Todos carretéis/válvulas	1	20 inch / 16inch	1.6 m
L = Comprimento total necessário	-	-	391 m

<b>Quantidade necessária seção mangote principal</b>
$Q = \frac{L - B - D - E - F - G - H}{C}$
$Q = \frac{391 - 12.2 - 0.3 - 3 \times 12.2 - 1 - 9.14 - 1.6}{12.2} = 27.06$
<b><u>Quantidade necessária mangote da linha principal = 27</u></b>

<b>Configuração final linha</b>		
1 <sup>st</sup> seção carretel FPSO	1 x 20"	12.2 m
Mangote flutuante principal	27 x 20"	12.2 m
Redução aço	1 x 20"/16"	0.3 m
Mangote Tanker Tail com fluuabilidade adicional	3 x 16"	12.2 m
Acoplamento marítimo de ruptura	1 x 16"	1 m
Mangote rail	1x 16"	9.14 m
<u>Além disso, equipamentos auxiliares para conexão FPSO(carretel), FPSO tie back-system (carretel restrição) e mangote rail (válvula borboleta, cam-lock)</u>	1 x 20" + 3 x 20" + 2 x 16"	1.6 m

A configuração do comprimento total de mangote para um aliviador com conexão meia nau (incluindo mangotes e todos equipamentos) medirá 390m (1279ft).

## 5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS LINHAS

Os mangotes de linha flutuante e submarino são projetados para o transporte de óleo cru e produtos de petróleo. Os mangotes são fabricados para pressões de 15bar ou 21bar, podendo ser fornecidos como carcaça “simples” ou “dupla” em total conformidade com o padrão OCIMF.

### 5.1 Linha de mangote flutuante

O mangote pode ser utilizado em todos os sistemas de produção, isto é, nas configurações Bóia CALM, SPM, sistemas FPSO tandem offloading e reeled em estruturas FPSO e fixas.



Figura 26 – Operação de offloading com linha flutuante(DUNLOP OIL MARINE)

O armazenamento dessa linha à bordo, necessita de carretéis maiores devido sua camada de flutuação, seu diâmetro externo é maior que da linha submarino. O raio de curvatura admissível, que o mangote pode ser flexionado sem sofrer danos, pelos padrões OCIMF, é de  $6 \times DI$  (diâmetro interno), porque eles são submetidos a



situação de dobramento mais acentuado, principalmente na conexão do mangote no manifold do aliviador.

O ideal para a camada de flutuação, é um material impermeável, evitando o acúmulo de água e aumento do peso do mangote, e resistente a pressão externa do mar sobre o mangote, que embora seja pequena, pode ter aplicação constante ao longo da vida útil do mangote, causando a redução do raio externo e do deslocamento deste. A pressão externa que a linha flutuante deve suportar submerso a 10 metros sem perder a garantia de flutuação é 24 horas, tendo cuidado da pressão externa não ultrapassar a interna para não colapsar o mangote.

A linha flutuante, quando armazenada no mar, tem uma grande desvantagem em relação a linha submarino quanto a sua vida útil, é porque quando estão em offloading ficam sobre as intempéries do mar, os desgastes das extremidades é provocada pela dinâmica das ondas. Outro cuidado deve ser tomado em relação a preservação da reserva de flutuabilidade da linha ao longo do tempo, para isto algumas alterações podem ser feitas ou cuidados devem ser tomados, em especial nos mangotes adjacentes ao trecho em catenária (Figura 27) das linhas que ficarão por muito tempo em abandono no mar.



Figura 27 - Principais pontos de atenção da linha

## 5.2 Linha de mangote submarino

O mangote pode ser utilizado em todos os sistemas de produção, isto é, nas configurações lanterna chinesa, lazy S, steep S e submarino. Conexões catenária para aplicações em bow loading e reeled em estruturas FPSO e fixas.

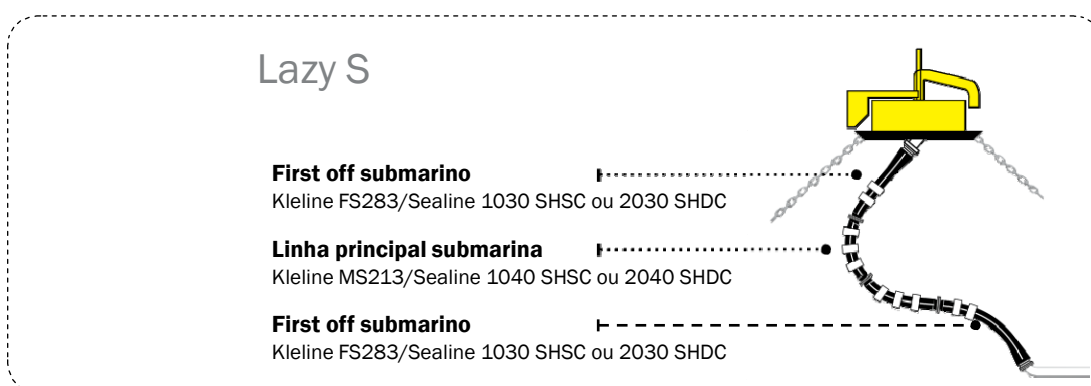
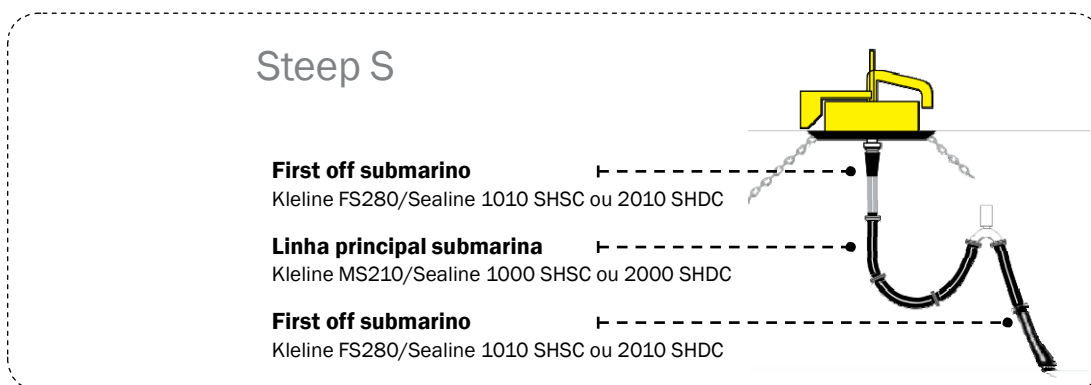
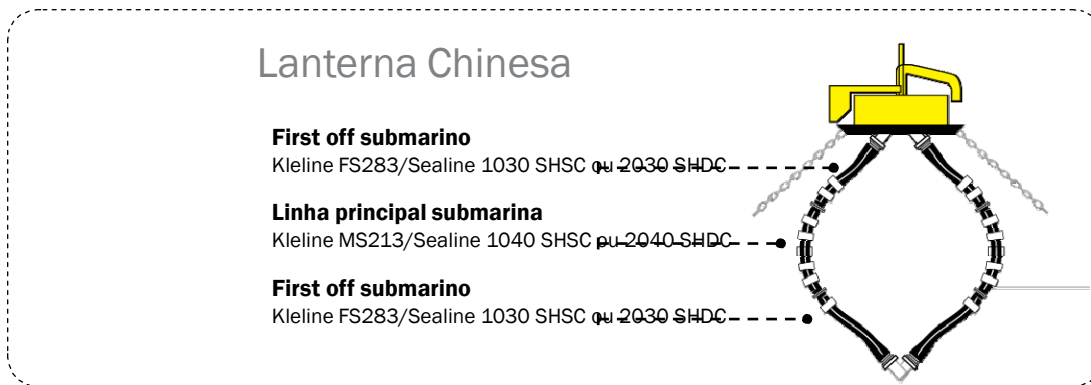


Figura 28 – Configurações em lanterna chinesa, steep S e lazy S (TRELLEBORG,2013)

Outras vantagens da linha submarino, que são projetadas para serem instaladas em sistemas de bobinamento em carretel de dupla camada em FPSO; mais espaços disponível no convés, para outros equipamentos; flanges totalmente envolvidos em borracha, para eliminar a corrosão; alta resistência às cargas previstas: tensão, flexão, colapso, etc.; projetados para perfeita integração em acoplamento de ruptura marítimo; longa vida útil.

Esses mangotes submarinos, devido sua configuração em catenária, cortam a superfície livre verticalmente, sofrendo assim menor imposição de movimentos devida à influência das ondas. Porém, a principal função dessas “catenárias” é que funcionarão como atenuadoras da dinâmica imposta pelas ondas e pelo terminal oceânico.

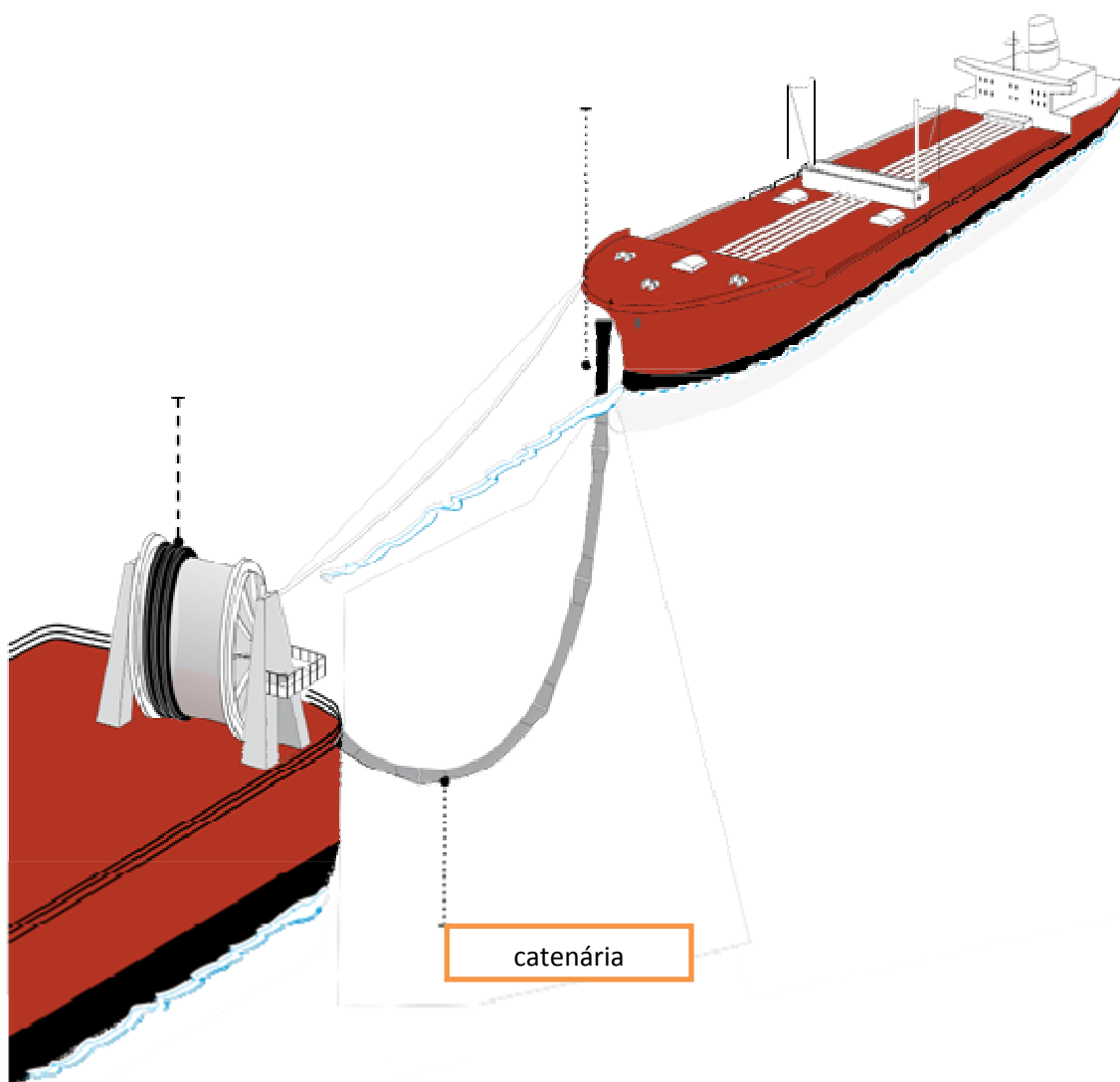


Figura 29 – Operação de offloading com linha submarina (TRELLEBORG,2013)

## 6 CONCLUSÃO

Esse trabalho teve como objetivo principal o estudo das linhas de mangote de offloading. Foram, com esse intuito, descritos os modelos: flutuante e submarino.

O grau de capacitação da tripulação de um FPSO deverá ser elevado, não só conhecimento da operação, como também o domínio sobre os novos equipamentos instalados para auxiliar nas operações, e a escolha da linha de mangote de acordo com as suas necessidades, levando em conta as vantagens e desvantagens das mesmas.

Pode-se concluir que, o uso das linhas de mangotes sejam elas *flutuante* ou *submarino*, é de extrema importância que tais sistemas de alívio sejam executados da melhor maneira possível, para, assim, diminuir os riscos de derramamento de óleo nos oceanos.

A utilização de Navios Aliviadores é o método mais utilizado nesta prática, a qual se dá por *offloading in tandem*, que é alinhamento do FPSO com aliviador, utilizando linha de mangotes, para a conexão do navio aliviador com o FPSO, e bombeio do fluido armazenado para o aliviador. Dessa maneira, os mangotes se mostram peças fundamentais para a realização das operações de offloading.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, Ana Paula dos Santos. **Estudo de uma nova concepção de linha de mangotes para transferência de óleo no mar.** Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em

[http://www.oceanica.ufrj.br/intranet/teses/2007\\_mestrado\\_ana\\_paula\\_dos\\_santos\\_costa.pdf](http://www.oceanica.ufrj.br/intranet/teses/2007_mestrado_ana_paula_dos_santos_costa.pdf)> acessado em 27/07/2014.

CORRÊA, Diego Cascelli. **Avaliação e Redução de Downtime em Operações de Alívio utilizando Navios com Sistemas de Posicionamento Dinâmico.** Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em

[http://www.oceanica.ufrj.br/intranet/teses/2012\\_mestrado\\_diego\\_cascelli\\_corrêa.pdf](http://www.oceanica.ufrj.br/intranet/teses/2012_mestrado_diego_cascelli_corrêa.pdf)> acessado em 29/07/2014.

DUNLOP. **CATÁLOGO MANGOTES.** Disponível em

<http://www.dunlop-oil-marine.co.uk/productsoffshoremarinehoses> > acessado em 05/08/2014.

EMSTEC. **LOADING & DISCHARGE HOSES FOR OFFSHORE MOORINGS.** Disponível em

<http://www.emstec.net/oilfield> >acessado em 20/08/2014.

FLEXOMARINE. **CATÁLOGO MANGOTES.** Disponível em

<http://www.flexomarine.com.br/catalogo> >acessado em 30/08/2014

GOODYEAR. **CATÁLOGO MANGOTES.** Disponível em

<http://www.goodyearrubberproducts.com/2010newpdfs/goodyearseawingoffshorehose2010.pdf>.> acessado em 01/08/2014.

OCIMF - Guide to Purchasing, Manufacturing and Testing of Loading and Discharge Hoses for Offshore Moorings, 4th edition, 1991

OCIMF - Recommendations for Oil Tanker Manifolds and Associated Equipment, 4th edition, 1991

OCIMF - SPM Hose Ancillary Equipment Guide, 3rd edition 1987

OCIMF - SPM Hose Design Commentary, 2nd edition 1993

OCIMF – Guidelines for the Handling, Storage, Inspection and Testing of Hoses in the Field, 2<sup>nd</sup> edition 1995

OCIMF - Information paper – Marine breakaway couplings, November 2008

TRELLEBORG. **CATÁLOGO MANGOTES**..Disponível em

<http://www.trelleborg.com/productsandsolutions/offshoreoilandgas/oilandmarinehose>

[s](#) > acessado 15/08/2014.