

**MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA**

RODNEI BARBOSA CAMPOS

**ESTUDO DA MANUTENÇÃO DO SISTEMA FLUTUANTE DE TERMINAIS
OCEÂNICOS NA BACIA DE CAMPOS COM ÊNFASE EM FPSO**



**RIO DE JANEIRO, RJ
2014**

RODNEI BARBOSA CAMPOS

**ESTUDO DA MANUTENÇÃO DO SISTEMA FLUTUANTE DE TERMINAIS
OCEÂNICOS NA BACIA DE CAMPOS COM ÊNFASE EM FPSO**

Monografia apresentada como requisito para a aprovação no curso de Aperfeiçoamento para Oficial de Náutica, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientadora: Prof.^a. Graduada Laís Raysa Lopes Ferreira.

**RIO DE JANEIRO, RJ
2014**

RODNEI BARBOSA CAMPOS

**ESTUDO DA MANUTENÇÃO DO SISTEMA FLUTUANTE DE TERMINAIS
OCEÂNICOS NA BACIA DE CAMPOS COM ÊNFASE EM FPSO**

Monografia apresentada como requisito para a aprovação no curso de Aperfeiçoamento para Oficial de Náutica, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof.^a Laís Raysa Lopes Ferreira

Prof. Dr^a. Cláudia Adler

Prof. Henrique Vaicberg

DATA: _____

NOTA FINAL: _____

À Dona Maria dos Santos Souza que dizia
que um dia minha estrela iria brilhar;
Aos meus pais que me educaram e me
ensinaram a lutar pelos meus objetivos;
Ao meu sogro Pedro Sena que sempre
me incentivou a crescer;
À minha esposa Adriana Campos pelo
companheirismo, doação, dedicação e
luta durante todos esses anos sempre ao
meu lado;
Aos meus filhos Raissa Adrielly e Ronney
Adriano que são fontes de minha
inspiração.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que me proporcionou mais esta vitória e que se não fosse por Ele eu não seria o que hoje sou;

À minha orientadora Laís Raysa Lopes Ferreira pelo suporte no pouco tempo que lhe coube;

Aos meus irmãos que mesmo distantes torceram pelas minhas vitórias;

Aos meus amigos que se doaram de alguma forma em minha ajuda;

Aos comandantes e demais tripulantes que participaram direta e indiretamente da minha formação e dividiram suas experiências que muito me somaram;

À minha esposa Adriana Campos e meus filhos Raissa Adrielly e Ronney Adriano que mesmo com minha ausência sempre me incentivaram e lutaram junto comigo na busca de mais uma de nossas vitórias.

“Lute com determinação, abrace a vida com paixão, perca com classe e vença com ousadia, porque o mundo pertence a quem se atreve e a vida é muito para ser insignificante.”

Charles Chaplin.

RESUMO

O presente trabalho tem como principal objetivo demonstrar os procedimentos para a realização de manutenção do sistema flutuante de terminais oceânicos tipo FPSO na bacia de Campos, bem como, apresentar de forma objetiva as características das embarcações que executam esses serviços, além de efetuar um estudo relacionado ao planejamento e execução das manutenções a fim de detectar possíveis falhas e indicar possíveis soluções para otimização do tempo destas operações. Devido tratar-se de uma operação essencialmente restrita a um determinado grupo de unidades marítimas, os equipamentos utilizados nas embarcações e os tipos de manutenções destes sistemas são, por muitos, praticamente desconhecidos. A realização deste trabalho será através de um estudo baseado em experiências de comandantes e fiscais lotados nas embarcações destinadas a esse tipo de operação com vasta experiência na área de terminais oceânicos na Bacia de Campos. Será efetuada uma pesquisa bibliográfica com o intuito de descrever as embarcações envolvidas neste tipo de operação, equipamentos necessários e procedimentos exigidos pelos contratantes. Será apresentada uma descrição das principais características de manobra, limitações impostas pela natureza para realização de determinados tipos de operação e da mão de obra qualificada exigida para determinado tipo de serviço. Serão considerados os procedimentos relativos à lavagem, remanescente de resíduo provenientes da linha de mangotes. Será apresentada a manobra de aproximação e posicionamento das unidades que possuem linha de mangotes para *Offloading*. Ao final serão analisados os resultados dos depoimentos dos comandantes e fiscais e demais envolvidos nas operações a fim de detectar possíveis falhas no planejamento e/ou execução destes serviços. Baseado nestas possíveis falhas serão sugeridas possíveis soluções para a otimização do tempo destas operações.

Palavras-chave: Terminal Oceânico. Manutenção do sistema flutuante. *Offloading*, FPSO. Linha de mangotes.

ABSTRACT

The present work aims to demonstrate the procedures for performing maintenance of floating, ocean terminals FPSO in the Campos Basin. As well as presenting objectively the characteristics of vessels that run these services, in addition to making a related study to planning and execution of maintenance in order to detect potential faults and indicate possible solutions for the optimization time of these operations. Because of that, it was essentially restricted to a certain group of marine units operation, equipment used on ships and the types of maintenance of these systems are, for many, virtually unknown. This work will be through a study based on the experiences of commanders and Fiscal crowded in vessels designed for this type of operation with extensive experience in the area of ocean terminals in the Campos Basin. A literature search in order to describe the vessels involved in this type of operation, equipment needed, procedures required by the contractors will be made. A description of the main characteristics of maneuver limitations imposed by nature to perform certain types of operations and the qualified workforce required for a particular type of service will be displayed. This will include procedures for washing, the remaining residue from the line of hoses. The approach maneuver and positioning of the units that have hoses for offloading line will be presented. At the end, the results of interviews of commanders and tax and others involved in the operations will be analyzed in order to detect possible failures in planning and / or execution of these services. Based on these potential failures will be suggested possible solutions for the optimization time of these operations.

Key Words: Ocean Terminal. Maintaining a floating system. Offloading. FPSO. The hoses line.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de plataformas.....	13
Figura 2 - PRA-1.....	14
Figura 3 - Plataforma Auto Elevatória.....	14
Figura 4 - TLP.....	15
Figura 5 - Plataforma com Sistema de Posicionamento Dinâmico.....	16
Figura 6 - Navio Sonda.....	17
Figura 7 - SPM.....	20
Figura 8 - SMS.....	21
Figura 9 - DP.....	21
Figura 10 - Sarilho de Armazenamento de Linha de Mangotes.....	22
Figura 11 - Rampa de Armazenamento de Linha de Mangotes.....	23
Figura 12 - Console de Controle.....	25
Figura 13 - AHTS Giorgio P.....	26
Figura 14 - OTSV <i>Skandi Hav</i>	26
Figura 15 - <i>Hose Reel</i>	30
Figura 16 - <i>Spooling Gear</i>	31
Figura 17 - <i>Karm Fork</i>	31
Figura 18 - Pinos Hidráulicos.....	32
Figura 19 - Guindastes.....	32
Figura 20 - Balança de Manuseio de Mangotes.....	33
Figura 21 - Cabrestante.....	34
Figura 22 - Rolo de Popa.....	34
Figura 23 - Área para manuseio de mangotes.....	35
Figura 24 - Instalação de Linha de <i>Offloading</i>	38
Figura 25 - Configurações de linhas Principal e Alternativa e Seus Acessórios.....	43
Figura 26 - Características do cabo de sustentação (slip rope).....	44
Figura 27 - Características da cabresteira.....	44
Figura 28 - Características do cabo mensageiro da linha principal.....	45
Figura 29 - Características do cabo mensageiro da linha alternativa.....	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	TIPOS DE PLATAFORMAS PARA EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO	13
2.1	PLATAFORMAS FIXAS	13
2.2	PLATAFORMA ALTO ELEVATÓRIA (JACK-UP RIG)	14
2.3	PLATAFORMA DE PERNAS ATIRANTADAS (TENSION LEG PLATAFORM – TLP)	15
2.4	PLATAFORMA SEMI – SUBMERSÍVEL	15
2.4.1	Sistema de ancoragem	16
2.4.2	Sistema de posicionamento dinâmico	16
2.5	SONDA DE PERFURAÇÃO (SEMISUBMERSIBLE DRILLING, DRILLSHIP)	16
2.6	PLATAFORMA DE PETRÓLEO TIPO SPARS	17
2.7	SISTEMAS FLUTUANTES DE PRODUÇÃO (FPS – FLOATING PRODUCTION SYSTEMS)	17
3	PLATAFORMAS TIPO FPSO (FLOATING, PRODUCTION, STORAGE AND OFFLOADING)	19
3.1	TIPOS DE POSICIONAMENTO DE FPSO	20
3.1.1	<i>Single point mooring (SPM)</i>	20
3.1.2	<i>Spread mooring system (SMS)</i>	20
3.1.3	Unidades assistidas por propulsores controlados manualmente ou automaticamente (DP – Dynamic Position)	21
3.2	PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS EM OFFLOADING DE UNIDADES FPSO	22
3.2.1	Sarilho de armazenamento de linha de <i>offloading</i> na unidade FPSO	22
3.2.2	Rampa de armazenamento de linha de mangotes	23
3.2.3	Unidade hidráulica de força	23
3.2.4	Guincho de tração	23
3.2.5	<i>Chain stopper</i>	24
3.2.6	Barra de rolagem de proa	24

3.2.7	Guincho de manuseio do cabo guia do mangote	24
3.2.8	Acoplador do mangote de carga	24
3.2.9	Válvula interna	24
3.2.10	Válvula de carga	25
3.2.11	Console de controle	25
3.3	CARACTERÍSTICAS DAS EMBARCAÇÕES DESTINADAS À MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS FLUTUANTES DE UNIDADES FPSO	25
3.3.1	Requisitos gerais para embarcações destinadas à manutenção do sistema flutuante de unidades FPSO	27
3.3.2	Requisitos de classe para embarcações destinadas à manutenção do sistema flutuante de FPSO	28
3.3.3	Principais equipamentos para manutenção do sistema flutuante de unidades FPSO	29
3.3.3.1	<i>Guinchos</i>	29
3.3.3.2	<i>Hose reel</i>	29
3.3.3.3	<i>Spooling gear</i>	30
3.3.3.4	<i>Karm fork</i>	31
3.3.3.5	<i>Pinos hidráulicos</i>	31
3.3.3.6	<i>Guindastes</i>	32
3.3.3.7	<i>Balança de mangotes (spread bar)</i>	32
3.3.3.8	<i>Cabrestantes</i>	33
3.3.3.9	<i>Rolo de popa (stern roller)</i>	34
3.3.3.10	<i>Área para manuseio de mangotes</i>	34
4	PRINCIPAIS OPERAÇÕES DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA FLUTUANTE DE UNIDADES FPSO	36
4.1	<i>PULL IN DE LINHAS DE OFFLOADING</i>	36
4.2	<i>TESTE DE ESTANQUEIDADE</i>	38
4.3	<i>LAVAGEM DE LINHA DE OFFLOADING</i>	39
4.4	<i>INSPEÇÃO, MANUTENÇÃO E/OU SUBSTITUIÇÃO DE SEÇÕES DE MANGOTES DA LINHA DE OFFLOADING</i>	40
4.5	<i>PULL OUT DE LINHAS DE OFFLOADING</i>	41
4.6	<i>CHECK LIST DE UNIDADE FPSO</i>	42
4.7	<i>INSTALAÇÃO DO SLIP ROPE À LINHA DE OFFLOADING</i>	43

4.8	INSTALAÇÃO DA CABRESTEIRA À LINHA DE <i>OFFLOADING</i>	44
4.9	INSTALAÇÃO DO CABO MENSAGEIRO À LINHA DE <i>OFFLOADING</i>	44
4.10	SISTEMA DE AMARRAÇÃO DE FPSO	45
5	ESTUDO DE POSSÍVEIS FALHAS NO PLANEJAMENTO E/OU NA EXECUÇÃO DAS OPERAÇÕES DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA FLUTUANTE DE FPSO.....	47
5.1	MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	47
5.2	MANUTENÇÃO PREDITIVA.....	48
5.3	MANUTENÇÃO CORRETIVA.....	49
5.4	ANÁLISE DE FALHAS.....	50
6	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

Após a descoberta e a consolidação da atividade exploratória no mar, muitas empresas visualizaram uma nova perspectiva de mercado, aumentaram seus investimentos e direcionaram seus projetos para a exploração de petróleo no mar.

O presente trabalho terá foco mais específico na Bacia de Campos, a qual divide hoje com a Bacia de Santos e Bacia do Espírito Santo os melhores resultados em produção. Com isso, surgiram novas empresas nos mais diversos ramos de trabalho voltados para a exploração de petróleo no mar. Dentre elas pode-se citar as empresas de apoio às unidades de terminais oceânicos, que efetuam os serviços de manutenção do sistema flutuante. Os serviços são efetuados com a embarcação de apoio, com manobras diferenciadas, trabalhando em conjunto com mergulhadores em atividades no convés da embarcação de apoio, nas unidades e em atividades de mergulho raso em alguns casos (ABREU, 2006; ARAÚJO, 2004; ICN, 2004 e REVISTA FATOR, 2009).

No segundo capítulo será abordada a descrição dos tipos de plataformas de exploração de petróleo.

No terceiro capítulo, será feita a descrição de FPSO, equipamentos utilizados nas operações, e as embarcações de apoio, envolvidas no cenário de manutenção do sistema flutuante de terminais oceânicos tipo FPSO.

No quarto capítulo serão descritas as principais operações de manutenção do sistema flutuante de terminais oceânicos tipo FPSO.

No quinto capítulo tentar-se-á identificar as possíveis falhas no planejamento e na execução das operações de manutenção do sistema flutuante tipo FPSO.

2 TIPOS DE PLATAFORMAS PARA EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO

No Brasil, os trabalhos preliminares de levantamento geofísico surgiram em 1959. A exploração de petróleo em reservatórios situados na área *offshore* no Brasil iniciou-se em 1968, na Bacia de Sergipe, campo de Guaricema, situado em lâmina d'água de cerca de 30 metros na costa do estado de Sergipe, na região Nordeste com a primeira plataforma de perfuração (SINDIPETRO, 2009). Na Figura 1 têm-se alguns tipos de Plataformas.

Figura 1 - Tipos de plataformas



Fonte: Desconhecida

De acordo com a finalidade a que se destina e a profundidade da lâmina de água em que irá atuar, serão vistas a seguir, as principais plataformas de exploração de petróleo:

2.1 PLATAFORMAS FIXAS

Plataforma com estrutura de sustentação fixa sobre o solo marinho, cujas pernas são estaqueadas no fundo do mar. Geralmente localizadas em campos com lâmina de água até 200 metros. Esta estrutura pode ser metálica, chamada jaqueta metálica, ou de concreto. As plataformas fixas são projetadas para receber todos os equipamentos de perfuração, estocagem de material, alojamento de pessoal, bem como todas as instalações necessárias para a instalação de poços. Não tendo capacidade de estocagem de petróleo ou gás, os quais são enviados para terra através de oleodutos e gasodutos.

Como exemplo de plataforma fixa, pode-se citar a PRA-1 – Plataforma de Rebombeio Autônomo.

Figura 2 - PRA-1



Fonte: Desconhecida

2.2 PLATAFORMA ALTO ELEVATÓRIA (JACK-UP RIG)

Plataforma com estrutura de sustentação que se apoia sobre o fundo marinho, mas que possui altura variável. Tem limite de profundidade ditado pelo comprimento das pernas de sustentação. A plataforma flutua até seu local de posicionamento, quando as pernas de sustentação descem até o fundo do mar, posicionando a estrutura. Este tipo de plataforma pode executar operação de produção e perfuração, ou ambos.

Figura 3 - Plataforma Auto Elevatória



Fonte: Desconhecida

2.3 PLATAFORMA DE PERNAS ATIRANTADAS (*TENSION LEG PLATAFORM – TLP*)

É uma estrutura flutuante ancorada verticalmente. É especialmente utilizada para produção de petróleo em caso de reservatórios com mais de 300 metros de profundidade. Sua ancoragem é feita por estruturas tubulares com tendões fixos no fundo do mar por estacas e mantidas esticadas pelo excesso de flutuação da plataforma, o que reduz severamente os movimentos da mesma.

Figura 4 - TLP



Fonte: Desconhecida

2.4 PLATAFORMA SEMI – SUBMERSÍVEL

Plataforma cuja superestrutura, composta de um ou mais conveses, está apoiada sobre conjunto de flutuadores que ficam pouco abaixo do nível do mar. Pode realizar operações de produção de hidrocarbonetos, processamento e *Offloading* (transferência do óleo), mas não de armazenagem. Devido sua flutuação na superfície, não possui limites de profundidade até o fundo do mar.

Unidades flutuantes podem sofrer danos em seus equipamentos devido a movimentações causadas pela ação das ondas, correntes e ventos. Por este motivo faz-se necessário um posicionamento na superfície do mar, dentro de um círculo com raio de tolerância ditado pelos equipamentos de superfície. Sendo assim, dois tipos de sistemas são responsáveis pelo posicionamento das unidades flutuantes, a fim de evitar ou minimizar estes danos, que são:

2.4.1 Sistema de Ancoragem

É o sistema constituído de 8 a 12 âncoras, cabos e/ou correntes, atuando como molas que produzem esforços capazes de restaurar a posição da unidade, quando a mesma é deslocada pela ação das ondas, ventos e correntes.

2.4.2 Sistema de Posicionamento Dinâmico

É um sistema cujo posicionamento é dado pelo acionamento de sensores acústicos, que determinam a deriva e acionam propulsores no casco, através do computador e restaurando a posição das unidades.

Figura 5 - Plataforma com Sistema de Posicionamento Dinâmico



Fonte: Desconhecida

2.5 SONDA DE PERFURAÇÃO (*SEMISUBMERSIBLE DRILLING, DRILLSHIP*)

É a plataforma ou navio usado para realizar perfurações no solo marinho (*offshore*), com o objetivo de verificar a existência de hidrocarbonetos, delimitar campos, etc. Possui uma torre de perfuração, na qual os componentes são montados para a realização da operação. É equipado com sistema de posicionamento dinâmico e apresenta capacidade de perfurar poços com até 6.000 metros de profundidade.

Figura 6 - Navio Sonda



Fonte: Desconhecida

2.6 PLATAFORMA DE PETRÓLEO TIPO SPARS

Consiste em uma plataforma com corpo único, cilíndrico e oco, similar a uma grande boia, podendo ainda ter uma estrutura metálica complementar. Possui sistemas de produção, processamento e transbordo.

Apresentando um casco 90% submerso, impõe vantagens sobre plataformas semi-submersíveis, devido ter um *pich* reduzido, causada pela sua grande inércia, principalmente em águas profundas. Esta característica a assemelha a uma TLP (*Tension Leg Platform*), permitindo *risers* rígidos, porém apresentando um sistema de amarração simplificado comparado a uma plataforma semi-submersível tradicional.

2.7 SISTEMAS FLUTUANTES DE PRODUÇÃO (FPS – FLOATING PRODUCTION SYSTEMS)

São navios, em geral de grande porte, com capacidade para produzir, processar e/ou armazenar petróleo e gás natural, estando ancorados em um local determinado. Os principais tipos de FPS são:

- *Floating Production and Offloading* (FPO) - Unidades flutuantes de produção e descarga;
- *Floating Storage and Offloading* (FSO) – Unidades flutuantes de armazenamento e descarga;
- *Floating Production Storage and Offloading* (FPSO) – Unidades flutuantes de produção, armazenamento e descarga.

As maiores FPS tem capacidade de processo em torno de 200 mil barris de petróleo por dia, com produção associada de gás de aproximadamente 2 milhões de metros cúbicos diários.

No capítulo a seguir serão dadas ênfases as *Floating Production Storage and Offloading* (FPSO), abordando a descrição dos equipamentos utilizados e das embarcações de apoio envolvidas no cenário de manutenção do sistema flutuante de terminais oceânicos tipo FPSO.

3 PLATAFORMAS TIPO FPSO (FLOATING, PRODUCTION, STORAGE AND OFFLOADING)

Segundo Silva (2005, p. 101):

O escoamento por navio aliviador é recomendado para cobrir grandes distâncias, principalmente onde possa alcançar pontos remotos em campos isolados, sem muito volume de óleo a ser explorado, situações onde a instalação de uma rede de dutos não se justifica.

Silva (2005, p. 101) cita ainda que, "águas profundas é uma outra aplicação exclusiva de escoamento via navio aliviador, pela limitação na instalação de rede de dutos".

Segundo Amorim (2010), com a utilização de unidades tipo FSO, que são apenas tanques de armazenamento, para que o petróleo seja carregado desde o poço, torna-se necessário que o petróleo passe por um processo que separe os componentes que acompanham o óleo cru, tais como: água, gás e sedimentos.

De acordo com o mesmo autor, necessariamente a planta de produção, que processa a limpeza do petróleo, que está instalada em outra unidade, flutuante ou não, deveria estar instalada na mesma unidade flutuante que possui os tanques de armazenamento.

Com esta necessidade surge um sistema que consiste em uma unidade estacionária de produção que utiliza um navio que passou por adaptações e foi ancorado em determinada locação, o qual suporta no seu convés uma planta de processo, que armazena em seus próprios tanques o óleo produzido e permite o escoamento da produção para outro navio, chamado aliviador, o qual periodicamente é amarrado a esta unidade para receber e transportar o óleo até os terminais marítimos.

Diante do exposto acima, podemos definir que *Floating, Production Storage and Offloading System* (FPSO) é uma unidade marítima flutuante de produção, processamento e armazenamento de petróleo e seus derivados, ou seja, são plataformas flutuantes com capacidade para processar e armazenar o petróleo e prover a transferência do petróleo e/ou gás natural, onde no convés do navio, é instalada uma planta de processo para separar e tratar os fluidos produzidos pelos poços. Depois de separado da água e do gás, o petróleo é

armazenado nos tanques do próprio navio, sendo transferido para um navio aliviador em tempos pré-definidos. O gás comprimido é enviado para terra através de gasodutos.

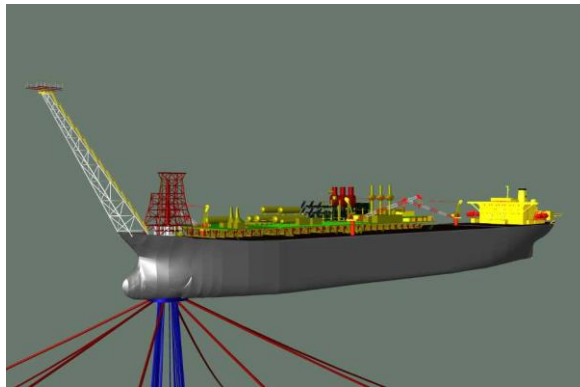
3.1 TIPOS DE POSICIONAMENTO DE FPSO

As unidades FPSO podem ser posicionadas através de 3 tipos de sistemas diferentes que são:

3.1.1 Single Point Mooring (SPM)

Mais conhecido como sistema *turret*, a unidade assume uma proa de acordo com a resultante das forças ambientais que atuam sobre o casco e estruturas acima da plataforma principal. As variações de calado a fazem mais sensível às forças ambientais.

Figura 7 - SPM

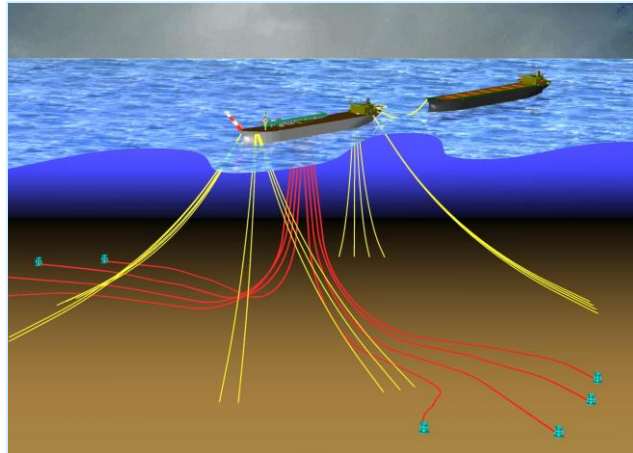


Fonte: Desconhecida

3.1.2 Spread Mooring System (SMS)

Composto de um sistema com múltiplas linhas de amarração que estão distribuídas ao redor do casco da unidade, visando manter constante seu aproamento.

Figura 8 - SMS



Fonte: Desconhecida

3.1.3 Unidades assistidas por propulsores controlados manualmente ou automaticamente (DP – *Dynamic Position*)

Neste sistema a unidade pode ficar ancorada, assistida por propulsores para auxiliar o sistema de ancoragem a manter um melhor aproamento da embarcação em condições ambientais mais severas. Pode também ficar não ancorada, mantendo a posição através de um sistema de posicionamento dinâmico (DP), onde os propulsores são acionados automaticamente para compensar as forças resultantes dos efeitos das correntes e dos ventos e outras forças ambientais, mantendo a embarcação na posição e aproamento desejado.

Figura 9 - DP



Fonte: Erick Azevedo (2008)

3.2 PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS EM *OFFLOADING* DE UNIDADES FPSO

Existem algumas unidades FPSO capazes de realizar a transferência de óleo tanto pela proa quanto pela popa. A opção de operação pela proa ou popa dependerá da avaliação do Comandante do navio aliviador após análise das condições ambientais.

O Sistema de carregamento pela Proa "*Bow Loading System*" (BLS) permite a amarração do Navio Aliviador ao Terminal Oceânico, bem como a conexão da linha de mangotes de transferência de carga pela proa.

As linhas de *Offloading* podem ser classificadas como Linha Principal, constituída de aproximadamente 20 a 25 seções de mangotes e pode ser armazenada em sarilhos ou em rampa com trilhos, utilizando uma válvula para acoplamento chamada "NSV" (*North Sea Valve*).

Pode ser também Linha Alternativa, constituída com uma quantidade de seções de mangotes maior que a linha principal, variando entre 30 e 36 seções, onde a linha fica na água em forma de "U" ou com alguma embarcação auxiliar portando durante os intervalos de *Offloading*.

A seguir alguns dos principais equipamentos utilizados em *Offloading* de unidades FPSO.

3.2.1 Sarilho de Armazenamento de Linha de *Offloading* na Unidade FPSO

Utilizado para recolhimento da linha principal de mangotes na unidade nos intervalos de *Offloading*.

Figura 10 - Sarilho de Armazenamento de Linha de Mangotes



Fonte: Desconhecida

3.2.2 Rampa de Armazenamento de Linha de Mangotes

Também utilizada para armazenamento da linha principal de mangotes no intervalo do *Offloading*.

Figura 11 - Rampa de Armazenamento de Linha de Mangotes.



Fonte: Desconhecida

3.2.3 Unidade Hidráulica de Força

Responsável por prover a pressão de trabalho adequada para as tarefas envolvidas com um sistema composto basicamente de um tanque de armazenamento de óleo hidráulico, bombas hidráulicas, cilindros acumuladores de pressão e dispositivos de controle. A pressão mínima para realização dos trabalhos é de 180 BAR.

3.2.4 Guincho de Tração

Utilizado para recolhimento da espia de amarração, bem como pode içar a extremidade da linha de mangotes para acoplamento.

3.2.5 Chain Stopper

Capaz de suportar uma carga de trabalho de aproximadamente 400 toneladas, opera na fixação da secção de amarra do cabo de amarração (Hawser), amarras de diâmetro de 76 mm usualmente, em conformidade com a OCIMF.

O Chain Stopper possui Célula de Carga intimamente conectada a linha verde de permissão para o carregamento e ao sistema de parada e desconexão e desamarração de emergência.

3.2.6 Barra de Rolagem de Proa

Serve de guia para o cabo de amarração, como a passagem da secção de amarra, ao *Chain Stopper*.

3.2.7 Guincho de Manuseio do Cabo Guia do Mangote

Este guincho serve de apoio no momento da conexão do mangote de carga ao acoplador. Em alguns sistemas o Guincho de Tração também desempenha esta função.

3.2.8 Acoplador do Mangote de Carga

Composto por garras operadas hidráulicamente, integral estanque sistema de conexão (com selo de vedação), e válvula de abertura do conector do mangote (*Tanker End*). Esta válvula é denominada em inglês por *Coupler Valve*.

3.2.9 Válvula Interna

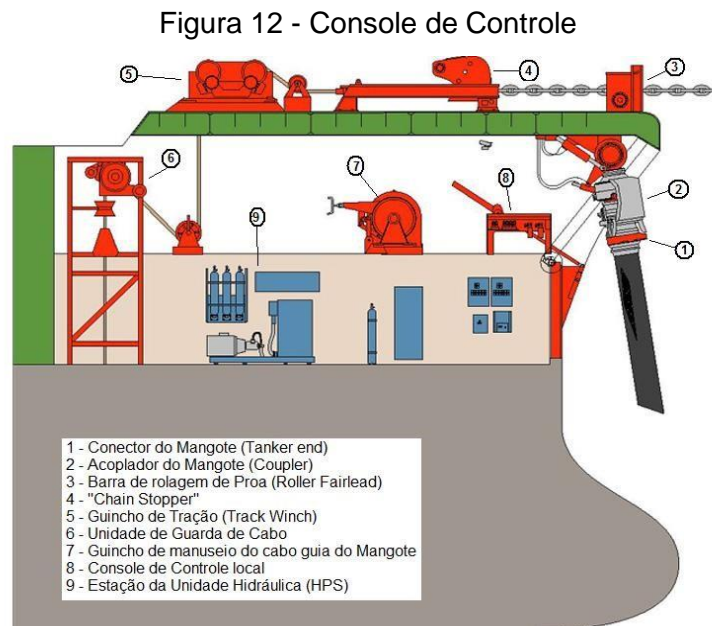
Válvula borboleta conectada ao sistema para emergência, onde é realizado o teste de pressão de estanqueidade da conexão com o mangote de carga, e permissão para a passagem do óleo para os tanques de carga do Navio Aliviador DP.

3.2.10 Válvula de Carga

Válvula de acesso aos tanques de carga indicando o alinhamento interno completo para o carregamento.

3.2.11 Console de Controle

Este console permite ao operador realizar as tarefas de amarração e conexão do mangote. Alguns sistemas possuem no passadiço algumas funções de controle do sistema, sendo limitado o uso do console de controle local.



Fonte: Desconhecida

3.3 CARACTERÍSTICAS DAS EMBARCAÇÕES DESTINADAS À MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS FLUTUANTES DE UNIDADES FPSO

As embarcações destinadas à manutenção nas linhas de mangote de *Offloading* de FPSO estabelecem características técnicas exigidas pelas empresas contratantes, para assim efetuar o contrato com a embarcação.

Os tipos de embarcação destinada a esses serviços são AHTS (*Anchor handling tug supply*) e OTSV (*OIL TERMINAL SUPPLY VESSEL*).

As embarcações AHTS possuem todos os equipamentos necessários para efetuarem os serviços, mas necessita de adaptações no convés para área de trabalho com os mangotes e contenção em caso de óleo derramado.

Figura 13 - AHTS Giorgio P.



Fonte: MarineTraffic.com

As embarcações OTSV são embarcações *supply* adaptadas com equipamentos de embarcação de manuseio e equipamentos específicos para as manutenções de linhas de *Offloading* como *Hose Reel* e *Spooling Gear*.

Figura 14 - OTSV Skandi Hav



Fonte: Autor

3.3.1 Requisitos Gerais para Embarcações Destinadas à Manutenção do Sistema Flutuante de Unidades FPSO

- Deverá ser empregada à atividade de pesquisa e lavra de hidrocarbonetos e atividades desenvolvidas pela contratante, nas áreas em que for concessionária;
- Deverá ser entregue à contratante com todos os equipamentos necessários ao cumprimento de suas funções;
- Deverá estar dotada de todo o equipamento de navegação, comunicação, segurança e salvatagem, incluindo anemômetro fixo, e barômetros, sendo que estes equipamentos devem ser aferidos anualmente por firma especializada, e credenciada pela DHN;
- Deverá ser dotada de comando de ré integrado ao comando principal do passadiço;
- Deverá ter seu casco limpo de cracas e vidas marinhas;
- Deverá ser dotada de fossa séptica devendo ser dotada de sistema de tratamento de esgoto sanitário ou tanque séptico com capacidade igual ou superior a 70 litros por tripulante;
- Deverá oferecer capacidade para transporte de óleo e água potável, dotadas de oleômetro e/ou hidrômetro respectivamente, e mangueiras flutuantes certificadas pelo INMETRO;
- Os tanques de água deverão estar pintados com esquema de pintura inerte à água na cor branca e os mesmos não deverão ser contíguos dos tanques de óleo diesel, produtos líquidos viscosos, sépticos, ou quaisquer outros tanques que possam contaminar a água potável;
- Os tanques destinados a óleo diesel ou óleo derramado, não deverão permitir que quando cheios em alto mar, venham derramar óleo no convés, por isso, deverão possuir um volume percentual volumétrico de 92%, para evitar que ao encherem transbordem pelo suspiro;
- A embarcação deverá possuir um sistema de contenção de óleo derramado junto aos suspiros dos tanques e as tomadas de recebimento, sendo as bandejas dotadas de bujões de dreno;
- A fim de evitar risco à integridade física do pessoal de convés devido ao

deslize de cargas pelo movimento da embarcação ou pelo movimento pendular de cargas suspensas, deve existir abertura de fuga na estrutura do “*horse bar*”, para que o pessoal acorra a um local reservado entre a borda falsa e a estrutura do *horse bar*.

3.3.2 Requisitos de Classe para Embarcações Destinadas à Manutenção do Sistema Flutuante de FPSO

- Os requisitos de classe exigidos para embarcação destinada à manutenção do sistema flutuante de unidades FPSO, requer que a embarcação seja classificada, por uma sociedade classificadora reconhecida pela autoridade naval brasileira, cumprindo todas as recomendações desta sociedade incluindo: Notação de DP e *OIL REC*, um novo certificado de classe quando da “jumborização” ou “blisterização”;
- A embarcação deverá cumprir as Normas da Autoridade Marítima “NORMAM”;
- A documentação relativa à classificação e certificados estatutários, quando se tratar de embarcação a ser construída poderá ser fornecido somente quando a embarcação for entregue;
- A embarcação deverá ser provida de “dois” motores principais, acionado por sistema de propulsão independente;
- O “*Bollard pull*” deverá possuir um certificado emitido pela sociedade classificadora com validade de 5 anos e apresentado à empresa contratante;
- Deverá apresentar as curvas de “RPM x POTÊNCIA X TRAÇÃO ESTÁTICA”, a empresa contratante;
- A embarcação deverá ter lemes do tipo “*Flap Rudder* ou similar”, exceto para o caso em que a propulsão principal seja do tipo azimutal;
- Deverá possuir propulsão lateral a avante “*Bow thruster*” e propulsão lateral a ré “*Stern thruster*”. Se a propulsão principal for azimutal, não será exigida nenhuma propulsão lateral a ré;
- A velocidade de serviço será determinada no contrato pelo contratante. Considera-se velocidade de serviço “velocidade média obtida pela relação”

entre as distâncias e os tempos decorridos nos deslocamentos portos x primeira unidade marítima, última unidade marítima x porto, ou porto x porto, levando-se em consideração as condições ambientais da plataforma continental brasileira e o carregamento máximo da embarcação;

- As capacidades de carga no convés são determinadas em contrato pela contratante, assim como as dimensões do convés;
- A embarcação deverá possuir uma área para estocagem de mangotes de borracha com 400 milímetros, onde a área de estocagem deverá ser disponibilizada suportes que permitam o empilhamento dos mangotes com segurança. Os mangotes empilhados na área de estocagem não deverão impedir a operação com os sarilhos no convés.

3.3.3 Principais Equipamentos para Manutenção do Sistema Flutuante de Unidades FPSO

As embarcações deverão obrigatoriamente possuir equipamentos necessários para diversas operações de manutenção dos sistemas flutuantes das unidades FPSO:

3.3.3.1 Guinchos

Os guinchos são utilizados para içar mangotes e efetuar as operações no convés da embarcação. Pode ser elétrico ou hidráulico para esses serviços. Suas capacidades de freio estático, tração dinâmica e freio dinâmico, assim como diâmetro interno, externo e comprimento dos tambores dependem da exigência da contratante da embarcação que especifica os valores em contrato.

3.3.3.2 Hose Reel

Trata-se de um cilindro horizontal utilizado para enrolar os mangotes de borracha com diâmetro nominal de 20 polegadas. Possui comando independente, podendo ser acionado por um único motor, através de uma unidade hidráulica (HPU). Suas capacidades de freio estático, tração dinâmica e freio dinâmico são determinados em contrato. Seu diâmetro interno deve ser compatível com o raio

mínimo de curvatura de 3000 milímetros de uma linha de mangote de borracha com 400 metros de comprimento e diâmetro de 20 polegadas, composta de secções flangeadas. Seu diâmetro externo e comprimento de tambor devem ser suficientes para uma capacidade de armazenamento contínuo, de uma linha de mangote de borracha de 400 metros de comprimento e diâmetro nominal de 20 polegadas, composta de secções flangeadas de 10,7 metros de comprimento cada. Podendo a linha de mangote ficar enrolada no sarilho em até duas camadas. Somente a embarcação *Skandi Hav* possui *Hose Reel*, dentre todas as que operam hoje na bacia de Campos com a manutenção dos sistemas flutuantes.

Figura 15 - *Hose Reel*



Fonte: Autor

3.3.3.3 *Spooling Gear*

Dispositivo utilizado como guia de cabos e linhas de mangotes que serão armazenados e/ou movimentados em guinchos e sarilhos. Sua capacidade deve suportar cargas compatíveis, com as definidas em contrato pela contratante para os referidos equipamentos.

Figura 16 - *Spooling Gear*

Fonte: Autor

3.3.3.4 *Karm Fork*

Alojado próximo ao rolo de popa, utilizado para trabalhar com o cabo do tambor do guincho principal ou com a linha de mangotes armazenada no *Hose Reel*. O cabo ao passar pelo *Karm Fork* deverá ter uma altura que possibilite facilmente seu fechamento e conseqüentemente a sustentação da carga. Sua capacidade de carga é determinada no contrato da embarcação.

Figura 17 - *Karm Fork*

Fonte: Autor

3.3.3.5 *Pinos Hidráulicos*

São posicionados a ré do *Karm Fork*, com capacidades laterais compatíveis com as cargas dinâmicas especificadas para o guincho principal. Realizam movimentos de rotação em ambas as direções, para facilitar a passagem de cabos ou amarras.

Figura 18 - Pinos Hidráulicos



Fonte: Autor

3.3.3.6 Guindastes

As embarcações possuem guindastes principais e auxiliares.

Os guindastes principais com capacidade superior à dos auxiliares, são utilizados para operações com mangotes, bem como operações de cargas e equipamentos sobre o convés de monobóias e outras embarcações.

Os guindastes auxiliares possuem no mínimo uma unidade na popa próximo ao *Karm Fork*, facilitando o manuseio de acessórios e conexões. Deve alcançar o *Karm Fork* com a capacidade mínima indicada no contrato da embarcação.

Figura 19 - Guindastes



Fonte: Autor

3.3.3.7 Balança de Mangotes (Spread Bar)

Balança de mangotes é utilizada para içar os mangotes e transferi-los quando

necessário para as plataformas ou para o *pier* quando atracado.

As balanças deverão possuir as seguintes características:

- Barra horizontal com cerca de 10,7 metros de comprimento;
- Capacidade de carga 6T;
- Quatro pontos de sustentação para não haver curvatura no mangote;
- Cintas de sustentação com largura de 10 milímetros para não marcar os mangotes;
- Cabo guia nas extremidades para guiar a balança.

Figura 20 - Balança de Manuseio de Mangotes



Fonte: Desconhecida

3.3.3.8 Cabrestantes

Aparelho constituído por um tambor vertical comandado por motor hidráulico ou elétrico. Serve para suspender amarras e auxiliar na descida dos mangotes para água. Para as manobras específicas com mangotes, o cabrestante trabalha em conjunto com o guincho principal e com o *Hose Reel*.

O equipamento possui capacidade que varia de 2,5 toneladas a 10 toneladas, dependendo dos valores especificados em contrato pela contratante;

Figura 21 - Cabrestante



Fonte: Desconhecida

3.3.3.9 Rolo de Popa (Stern Roller)

Equipamento utilizado para o auxílio da passagem da linha de mangotes flutuantes. Sua largura é em torno de 3 metros, com capacidade suficiente para o deslocamento do mangote.

Figura 22 - Rolo de Popa



Fonte: Desconhecida

3.3.3.10 Área para Manuseio de Mangotes

Para as operações com as linhas de *Offloading*, é necessário que as embarcações utilizadas para esses serviços sofram algumas alterações no convés.

Embarcações que operam com manuseio de mangotes, devem ter uma área para manuseio de mangotes com dimensões mínimas de 15 metros de comprimento e 6 metros de largura. Essa área deve ser restrita avante e a ré por uma meia cana, sendo que a mesma não deve impedir ou dificultar o manuseio dos mangotes.

Deverá haver restrição em ambos os bordos por um coletor de óleo, onde o mesmo possua a função de evitar que o resíduo proveniente das operações de lavagem de linha de *Offloading* transborde vindo a cair no mar.

O coletor de óleo deve permitir que as águas oleosas oriundas da seção de mangotes, escoem para pocetos instalados sobre essa estrutura. Os pocetos devem ter drenos que permitam o escoamento de óleo para um tanque, que possua um sistema de lavagem de tanques.

Figura 23 - Área para manuseio de mangotes



Fonte: Foto do Autor

No próximo capítulo serão abordadas as principais operações de manutenção do sistema flutuante de unidades FPSO.

4 PRINCIPAIS OPERAÇÕES DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA FLUTUANTE DE UNIDADES FPSO

Em uma FPSO existe um conjunto de serviços que estão diretamente relacionados com a manutenção do sistema flutuante.

Neste capítulo serão destacados os principais serviços realizados pelas embarcações de apoio aos terminais oceânicos.

4.1 PULL IN DE LINHAS DE OFFLOADING

Consiste na instalação de uma linha principal ou alternativa de *Offloading* à unidade FPSO de forma segura.

Para esta operação o cabo de manuseio será denominado de “cabo de transferência”. O cabo instalado entre a 3ª e 4ª seção será denominado de cabo de segurança.

Serão seguidos os seguintes passos:

- A FPSO vai preparar os guinchos de *pull in* da linha principal, passando seus cabos de aço através de tubos guias e da varanda da conexão;
- O AHTS vai fixar o cabo de aço de sustentação na 1ª seção da linha principal prendendo-o ao flange do *spool piece*;
- O AHTS vai conectar o cabo de manuseio de um dos guinchos do rebocador ao flange cego no *spool piece* da linha principal, através de uma manilha;
- O AHTS vai tencionar o cabo de transferência para facilitar a liberação da linha principal;
- O AHTS vai liberar o mangote preso ao *Karm Fork*;
- O AHTS vai conectar o cabo de manuseio do guincho que se encontra livre à conexão dos flanges da 3ª seção com a 4ª seção da linha principal;
- O AHTS vai fixar os cabrestantes aos mangotes da linha principal que se encontram no convés;
- O AHTS vai tracionar os mangotes da linha principal para a popa do rebocador, pagando o cabo de transferência e o cabo de segurança;
- O AHTS vai fixar a 1ª seção da linha principal ao *Karm Fork*;

- O AHTS vai soltar os cabrestantes dos mangotes da linha principal;
- O AHTS vai aproximar da unidade pelo bordo da conexão da linha principal;
- O AHTS vai tencionar o cabo de transferência para a liberação da linha principal;
- O AHTS vai liberar o mangote preso ao *Karm Fork*;
- A FPSO vai transferir as extremidades dos cabos de aço dos guinchos de *pull in* para o rebocador;
- O AHTS vai conectar os cabos de aço dos guinchos de *pull in* aos olhais do colar de manuseio no *spool piece* da linha principal, através de manilhas;
- A FPSO vai colher os cabos de aço dos guinchos de *pull in* cuidadosamente, guiando a 1ª seção na direção da varanda de conexão da linha principal até que o *spool piece* encontre-se próximo à tomada de carga da unidade;
- O AHTS vai pagar os cabos de transferência e de segurança entre os pinos hidráulicos da popa do rebocador em sincronia com a movimentação dos cabos de aço dos guinchos de *pull in* da FPSO;
- A FPSO vai soltar o cabo de aço de sustentação da 1ª seção da linha principal;
- A FPSO vai prender o cabo de aço de sustentação na estrutura da unidade;
- A FPSO vai desconectar a manilha que liga o cabo de transferência ao flange cego no *spool piece* da linha principal;
- O AHTS vai colher todo o cabo de transferência entre os pinos hidráulicos da popa do rebocador;
- A FPSO vai desconectar o flange cego do *spool piece* da linha principal, removendo sua junta de vedação e estojos de fixação;
- A FPSO vai conectar o *spool piece* da linha principal à tomada de carga da unidade, inserindo entre elas uma junta de vedação nova;
- A FPSO vai conectar as placas bipartidas de sustentação da linha principal, prendendo-as à estrutura da varanda de conexão;
- A FPSO vai pagar o cabo de aço do guincho de *pull in* até que o *spool*

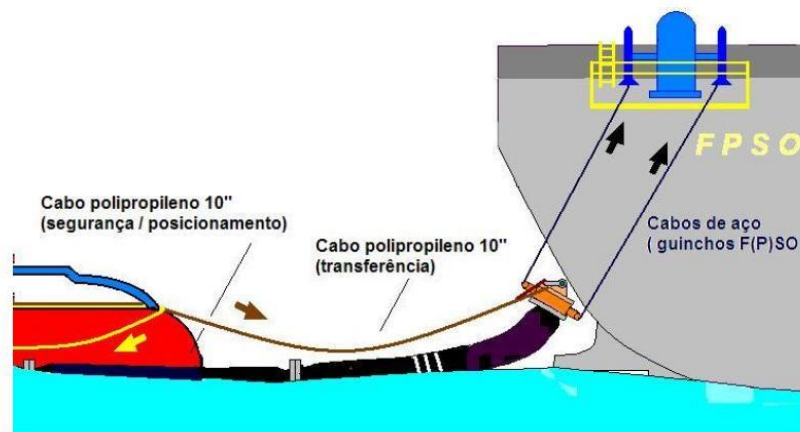
piece da linha principal seja portado pelas placas bipartidas;

- A FPSO vai desconectar as manilhas que ligam os cabos de aço dos guinchos de *pull in* aos olhais do colar de manuseio no *spool piece* da linha principal;
- A FPSO vai ajustar o cabo de aço de sustentação na estrutura da unidade;
- O AHTS vai aproximar da unidade pelo lado da varanda de conexão da linha;
- O AHTS vai portar o cabo de segurança;
- O AHTS vai garatear e transferir o cabo mensageiro da linha principal para embarcação ou para a unidade que o portará.

Deverão ser registradas em relatório as operações executadas e a atual situação da linha principal instalada na FPSO.

Figura 24 - Instalação de Linha de *Offloading*

I - Ilustrações sobre a forma de instalar a linha principal no F(P)SO



Fonte: Desconhecida

4.2 TESTE DE ESTANQUEIDADE

Após efetuar o *pull in* da linha de *Offloading* é necessário e faz parte dos procedimentos efetuar teste de estanqueidade para detectar possíveis vazamentos e solucioná-los antes do início do *Offloading*.

Estando a linha conectada à unidade, será efetuada a conexão de um flange de lavagem com válvula de não retorno na extremidade que se encontra no convés da embarcação de apoio. A este flange será conectada uma mangueira de 4 polegadas para enchimento da linha de *Offloading* com água do mar movimentada

pela rede de incêndio da embarcação de apoio.

Estando todas as válvulas alinhadas, tanto na unidade FPSO quanto na embarcação de apoio e após todos os envolvidos estarem cientes que será iniciado o bombeio, será partida a bomba e iniciada a operação.

Quando a unidade FPSO acusar recebimento da água no seu tanque, será parado o bombeio e fechadas as válvulas por parte da embarcação de apoio e iniciada a pressurização da linha de *Offloading* até alcançar a pressão acordada para o teste. Em seguida se fará um acompanhamento por um período de aproximadamente 40 minutos e caso mantenha a pressão inicial ou com perda desprezível, será finalizado o teste.

Não sendo encontrada nenhuma anormalidade durante o teste de estanqueidade, a linha de *Offloading* será despressurizada, será desfeita a manobra na embarcação de apoio, onde será desconectada a mangueira de 4 polegadas e retirado o flange de lavagem e assim preparada a linha para ser entregue a uma lancha de apoio que à repassará para o navio tanque aliviador para início do *Offloading*.

4.3 LAVAGEM DE LINHA DE OFFLOADING

Finalizado o *Offloading*, efetuada desconexão do navio aliviador, a linha será entregue a lancha de apoio que a repassará para o barco de apoio.

Será feita novamente a conexão do flange de lavagem com válvula de não retorno e mangueira de 4 polegadas conectada a linha de incêndio da embarcação de apoio. Serão alinhadas as válvulas da embarcação de apoio e da unidade FPSO e após todos os envolvidos estarem cientes que será iniciado o bombeio, será partida a bomba e iniciada a operação.

Como foi efetuado bombeio de petróleo e mesmo com o navio aliviador fazendo um *flashing*, que consiste em um sopro para retirada do remanescente de óleo na linha, fica um resíduo na linha de *Offloading*.

Este resíduo necessita ser retirado, pois poderá ser necessário fazer alguma intervenção na linha de *Offloading*, fazendo alguma manutenção ou substituição de alguma seção de mangote. Pode também ser necessária a desinstalação da linha de *Offloading*.

Por este motivo é feito um cálculo para lavagem de linha e bombeada uma

quantidade em metros cúbicos para retirar esse resíduo oleoso remanescente do *Offloading*. O cálculo é baseado na quantidade de mangotes instalados na linha de *Offloading*.

4.4 INSPEÇÃO, MANUTENÇÃO E/OU SUBSTITUIÇÃO DE SEÇÕES DE MANGOTES DA LINHA DE *OFFLOADING*

A inspeção na linha flutuante tem como objetivo, verificar sua integridade, seguindo procedimentos pré-determinados, que são os mesmos tanto para linha principal quanto para a alternativa.

A inspeção da linha a bordo do rebocador se dará da seguinte forma:

O AHTS irá garatear ou receber através de retinida o cabo mensageiro da linha de *Offloading*. Em seguida irá conectar o cabo mensageiro ao cabo de manuseio passado entre os pinos hidráulicos da popa do rebocador, colher o cabo de manuseio até que o *tanker end* e pelo menos um mangote adjacente a ele estejam sobre o convés da embarcação.

A equipe de mergulho fixará o mangote próximo ao rolo de popa no *Karm Fork*. Em seguida serão abertos os pocetos dos tanques no convés do rebocador, para que qualquer produto provenient

e do mangote seja direcionado para o tanque de armazenamento do referido resíduo.

Será retirado o cabo mensageiro do guincho para realizar a inspeção, verificando se existem pernas rompidas, abrasões ou cortes.

Será verificada a integridade da manilha que liga o cabo mensageiro ao flange cego do *tanker end*.

Será verificada se a posição de acionamento da válvula borboleta encontra-se correta, testar seu acionamento e o mecanismo de travamento, mantendo a mesma fechada. Em seguida verificar a existência de vazamento entre o flange cego e a válvula borboleta e *tanker end*.

Limpar pontos da corrente de sustentação e/ou içamento do *tanker end* a procura de corrosão, realizando aferição e verificando se a corrente possui algum tipo de desgaste.

Verificar a integridade das manilhas, cavirão e todos os demais equipamentos da corrente de sustentação e/ou içamento do *tanker end*.

Terminada a inspeção, fechar os pocetos dos tanques do convés, e aduchar uma parte do cabo mensageiro no guincho de manuseio.

Tencionar o cabo mensageiro facilitando a liberação do mangote e liberar o mangote preso no *Karm Fork*.

Pagar o cabo mensageiro, prender o cabo mensageiro no *Karm Fork*, desconectar o cabo mensageiro do guincho de manuseio e baixar o *Karm Fork* e pino hidráulico, liberando o mangote para água.

Em todas as operações são feitas inspeções visuais e caso haja necessidade, será solicitada a descida do bote de trabalho com equipe de mergulho para inspeção da linha na água. Podendo ser feita substituição de algum acessório na água, como cabresteira ou *slip rope*, que são cabos auxiliares para a amarração da linha.

Caso seja constatado na inspeção algum mangote com avaria, primeiramente se tentará fazer um reparo/manutenção, sem desconectar a(s) referida(s) seção(ões), com material próprio para reparo.

Caso contrário será necessário substituir a(s) seções e para isso será necessário conectar flange de lavagem com válvula de não retorno e uma mangueira de 4 polegadas na extremidade da linha que o barco de apoio está portando, para bombeio de ar comprimido para retirada do resíduo de água oleosa remanescente da lavagem de linha, facilitando assim a desconexão da seção.

Serão alinhadas as válvulas da embarcação de apoio e da unidade FPSO e após todos os envolvidos estarem cientes que será iniciado o bombeio, será partida a bomba e iniciada a operação. O tempo de duração do bombeio de ar será baseado na quantidade de mangotes instalados na linha de *Offloading*.

Finalizado o bombeio, só serão iniciadas as desconexões após a linha estar totalmente despressurizada.

Após as substituições das seções será efetuado novo torqueamento em cada conexão de seção. Cada torqueamento dura em torno de 40 a 60 minutos.

Após efetuar qualquer desconexão na linha, será necessário efetuar novo teste de estanqueidade.

4.5 PULL OUT DE LINHAS DE OFFLOADING

Em algumas situações será necessário desconectar totalmente a linha de *Offloading* e para isso deverão ser seguidos todos os procedimentos para lavagem de linha, bombeio de ar comprimido para minimizar os resíduos remanescentes da lavagem de linha.

Uma parte da equipe de mergulho sobe na unidade para efetuar a desconexão da linha na unidade e o restante da equipe na embarcação de apoio para receber a linha desconectada.

A embarcação de apoio deverá se aproximar a uma distância segura para a operação, de forma que fique uma quantidade mínima de seções de mangote na água, visando em caso de algum incidente, evitar que a linha vá para o fundo;

4.6 CHECK LIST DE UNIDADE FPSO

Uma equipe de mergulho é transportada para a unidade pela embarcação de apoio através de cesta de transferência para poder dar continuidade à inspeção da linha e dos equipamentos da unidade utilizados na operação de *Offloading*.

Para isso deverão ser seguidos os seguintes procedimentos:

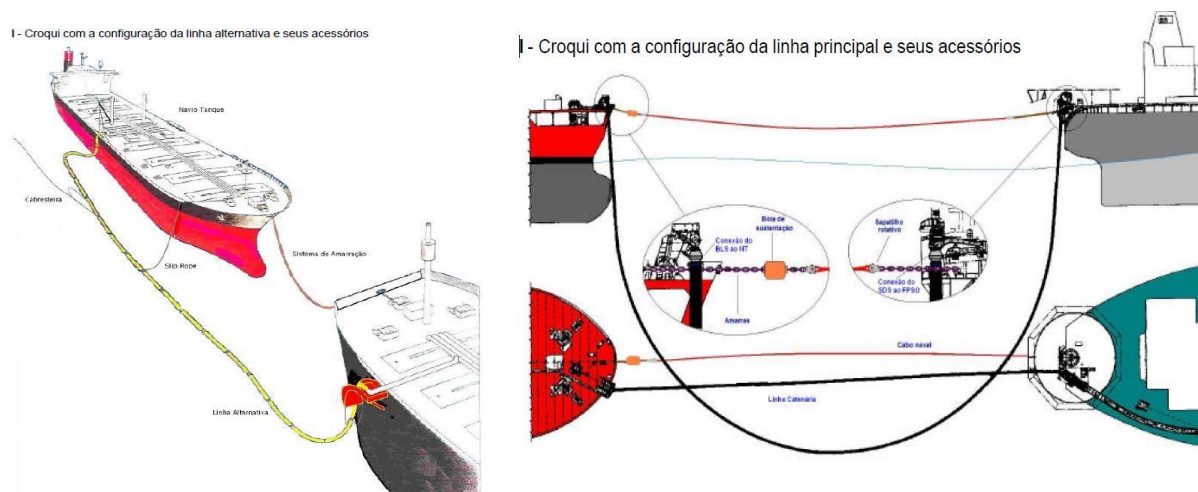
- Verificar a integridade da 1ª seção da linha principal/alternativa, procurando danos, abrasões e sinistros no mangote;
- Limpar os flanges entre a primeira seção e a tomada da linha principal/alternativa, permitindo a identificação e registro de seu número

por observação, ou escanear o mangote, localizando o *chip* implantado;

- Verificar a integridade e fixação dos estojos na conexão entre a 1ª seção e a tomada de produção da unidade, e se existe qualquer tipo de vazamento;
- Limpar as correntes das correntes de sustentação da 1ª seção, onde haverá medição, procura-se por desgaste, trinca ou empenos;
- Verificar a integridade, fixação, quantidade, e configuração dos flutuadores das seções submarinas.

Toda a inspeção é registrada com fotografias para ilustrar a real situação da linha de mangote e unidade.

Figura 25 - Configurações de linhas Principal e Alternativa e seus Acessórios



Fonte: Desconhecida

4.7 INSTALAÇÃO DO SLIP ROPE À LINHA DE OFFLOADING

O *Slip rope* é um cabo que tem a finalidade de evitar que a linha de *Offloading*, conectada ao navio aliviador, atravessar sua proa. Fica instalado entre a 18ª e 19ª seção e sendo portado pela proa do NT, quando em operação.

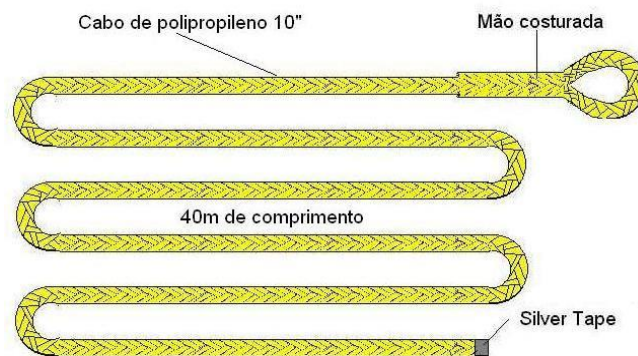
Também conhecido como cabo de sustentação, possui 10 polegadas de espessura e 40 metros de comprimento. Sua instalação pode ser feita com o auxílio

do bote de trabalho, onde a embarcação de apoio passa o cabo para o bote de trabalho e o mesmo se desloca à seção a ser instalada o *slip rope*, executando o mergulho para a instalação do cabo. Lembrando que esse procedimento com bote depende das condições para mergulho, respeitando as instruções da DPC para mergulho 2121112/2000.

Quando a instalação é feita pela própria embarcação de apoio é necessário realizar um rampeamento, onde a linha é puxada para o convés da embarcação, saindo por uma abertura lateral, sendo feito esse processo até chegar ao convés a seção que deve ser instalada o *slip rope*.

Quando é feito por uma embarcação que possua sarilho de aduchamento de mangotes, a linha é colhida e enrolada no sarilho até a seção a ser instalada o *slip rope* estar no convés.

Figura 26 - Características do cabo de sustentação (*slip rope*)

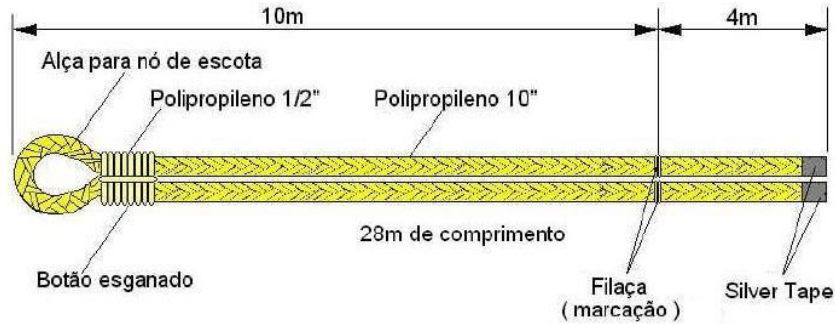


Fonte: Belov Engenharia

4.8 INSTALAÇÃO DA CABRESTEIRA À LINHA DE OFFLOADING

A cabresteira tem a função de portar a linha de *Offloading* no costado da unidade, fazendo com que fique acomodada, não interferindo nas atividades da unidade. Somente a linha alternativa possui cabresteira.

Figura 27 - Características da cabresteira



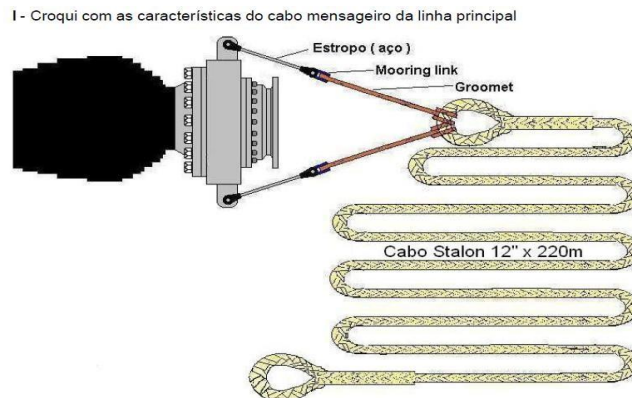
Fonte: Belov Engenharia

4.9 INSTALAÇÃO DO CABO MENSAGEIRO À LINHA DE *OFFLOADING*

O cabo mensageiro é um cabo que tem o objetivo de ser conectado à linha de *Offloading* para manuseá-la. Suas características são de acordo com o tipo de linha.

A linha principal consiste de um cabo de *stalon* 12 polegadas com 220 metros de comprimento. Sua conexão à válvula NSV é feita por um estropo de aço conectado a um *grumet*.

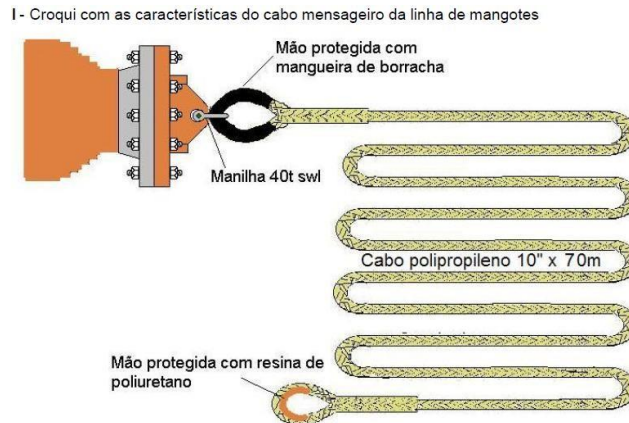
Figura 28 - Características do cabo mensageiro da linha principal



Fonte: Belov Engenharia

A linha alternativa consiste de um cabo de polipropileno 10 polegadas com 70 metros de comprimento. A mão do cabo é protegida por uma mangueira de borracha e a outra extremidade por uma resina de poliuretano.

Figura 29 - Características do cabo mensageiro da linha alternativa



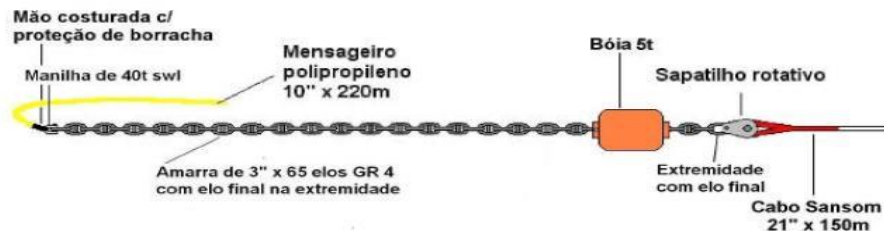
Fonte: Belov Engenharia

4.10 SISTEMA DE AMARRAÇÃO DE FPSO

É um sistema utilizado para amarrar o navio aliviador a unidade FPSO.

Consiste de uma conexão feita por um único cabo de 21 polegadas de circunferência e 150 metros de comprimento, também guarnecido em suas extremidades por trechos de amarras. Possui ainda fixa ao trecho de amarras uma boia de sustentação, com furo central e um mensageiro de polipropileno de 10 polegadas de espessura e 220 metros.

Figura 30 - Sistema de amarração em FPSO



Fonte: Belov Engenharia

No capítulo a seguir serão abordadas as possíveis falhas no planejamento e na execução das operações de manutenção do sistema flutuante tipo FPSO.

5 ESTUDO DE POSSÍVEIS FALHAS NO PLANEJAMENTO E/OU NA EXECUÇÃO DAS OPERAÇÕES DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA FLUTUANTE DE FPSO

Neste capítulo serão abordadas as possíveis falhas no planejamento e/ou execução no atendimento dos tipos de serviços de manutenção do sistema flutuante em unidades FPSO, citados no capítulo anterior, usando dados representativos oriundos da realidade atual e de informações obtidas através de comandantes e fiscais com mais de 10 anos de experiência nas referidas operações.

Com o intuito de encontrar possíveis soluções, minimizando o tempo de operação e assim reduzir custos operacionais e proporcionar as melhores condições de trabalho para os colaboradores.

De acordo com Abdalla (2009), manutenção na indústria *offshore* pode ser definida como algo que envolve execução e coordenação das atividades necessárias para a garantia de que todos os sistemas componentes do navio ou plataforma continuem a operar em perfeito estado durante sua vida útil. Além de todo o conjunto de ações de controle e monitoramento dos equipamentos e que a manutenção não aumenta a confiabilidade, apenas leva o equipamento a operar sempre próximo às condições originais de entrega.

Fazendo a manutenção necessária, pode-se evitar ou diminuir as consequências da falha de um determinado equipamento, e para que isso ocorra, uma possível falha deve ser prevenida, antes que ela realmente ocorra, através das manutenções preventivas e preditivas. A manutenção é projetada para preservar e restaurar a confiabilidade do equipamento substituindo componentes desgastados antes que eles realmente falhem.

Para um melhor entendimento, de acordo com Abdalla (2009), será abordado a seguir o conceito de três tipos de manutenção existentes, de acordo com o contexto ou natureza da intervenção e sua programação.

5.1 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A manutenção preventiva obedece a um padrão previamente esquematizado, que estabelece paradas periódicas com a finalidade de permitir a troca de peças gastas por novas, de maneira a reduzir ou evitar a falha ou a queda no desempenho do equipamento e assegurando assim o seu funcionamento perfeito por um período

predeterminado.

O método preventivo proporciona um determinado ritmo de trabalho, assegurando o equilíbrio necessário ao bom andamento das atividades. A manutenção preventiva é considerada como o ponto de apoio das atividades de manutenção, envolvendo tarefas sistemáticas tais como: as inspeções, substituição de peças e reparos;

5.2 MANUTENÇÃO PREDITIVA

Manutenção preditiva é aquela que indica as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam o seu desgaste ou processo de degradação. Trata-se da manutenção, que prediz o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos, e as condições para que esse tempo de vida seja bem aproveitado.

A manutenção preditiva se baseia na análise da evolução supervisionada de parâmetros significantes da deterioração do componente ou equipamento, permitindo alongar e planejar intervenções. Dentro do conceito de manutenção preditiva, não se encontra um programa completo de manutenção, mas esta modalidade adiciona uma valiosa colaboração que é imprescindível em qualquer programa de gestão de manutenção, visto que a proposta da manutenção preditiva é fazer o monitoramento regular das condições mecânicas e elétricas dos equipamentos e instalações e, ainda, monitorar o rendimento operacional de equipamentos e instalações quanto a seus processos. Como resultado desse monitoramento, tem-se a maximização dos intervalos entre reparos por quebras (manutenção corretiva) e reparos programados (manutenção preventiva), bem como maximização de rendimento no processo produtivo, visto que equipamentos e instalações estarão disponíveis o maior tempo possível para operação.

Para ser executada, a manutenção preditiva exige a utilização de aparelhos adequados, capazes de registrar vários fenômenos, tais como: vibrações das máquinas, pressão, temperatura, desempenho e aceleração.

Com base no conhecimento e análise dos fenômenos, torna-se possível indicar, com antecedência, eventuais defeitos ou falhas nas máquinas e equipamentos. A manutenção preditiva, geralmente, adota vários métodos de investigação para poder intervir nas máquinas e equipamentos. Entre os vários

métodos destacam-se os seguintes: estudo das vibrações; análise dos óleos; análise do estado das superfícies e análises estruturais de peças.

5.3 MANUTENÇÃO CORRETIVA

A manutenção corretiva é a manutenção efetuada após a ocorrência de uma “pane”, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

Resumindo, é toda manutenção com a intenção de corrigir falhas em equipamentos, componentes, módulos ou sistemas, visando restabelecer sua função.

Este tipo de manutenção, normalmente implica em custos altos, pois a falha inesperada pode acarretar perdas de produção e queda de qualidade do produto.

Não existe plano para esse tipo de manutenção e as paralisações são quase sempre mais demoradas e a insegurança exige estoques elevados de peças de reposição, com acréscimos nos custos de manutenção.

Quando a manutenção corretiva é realizada, o equipamento deve ser inspecionado para identificar o motivo da falha, e permitir a ação a ser tomada para eliminar ou reduzir a frequência de futuras falhas semelhantes.

Estas inspeções devem ser incluídas no planejamento de trabalho de manutenção, por equipes especializadas e supervisionadas pela gestão de manutenção.

Esse tipo de manutenção tem como objetivo a diminuição do tempo ocioso das máquinas seja por falhas na operação, por falta de peças, avarias ou substituição de ferramentas.

Observa-se que qualquer intervenção que não conste do Plano de Manutenção da estrutura flutuante pode ser classificada como uma Manutenção Corretiva, mas não necessariamente a mesma envolve reparos em equipamentos. Por vezes, ajustes operacionais ou o adiantamento da próxima manutenção preventiva prevista no plano, podem constituir uma intervenção dita corretiva. Caso um reparo seja inevitável, é responsabilidade da empresa que forneceu o equipamento, garantir que o mesmo seja feito quando o problema ainda não se configurou em uma perda significativa de capacidades/segurança da embarcação ou plataforma.

As manutenções preventiva e preditiva devem estar sempre presentes em um planejamento de manutenção de uma plataforma ou navio; já a manutenção corretiva, deve ser levada em conta como um serviço que sempre terá prioridade, em relação aos demais tipos de manutenção, pois ela é utilizada em situações onde já ocorreram as falhas, e, se não for feita a manutenção, serão gerados diversos prejuízos no funcionamento do equipamento. Logo, este tipo de manutenção não é capaz de ser incluída como algo programado e também é inevitável a longo prazo, pois ela ocorre devido a fatores imprevisíveis, como um erro humano ou a exposição dos equipamentos às intempéries, e condições adversas de operação.

5.4 ANÁLISE DE FALHAS

Quando é analisado um planejamento de manutenção em qualquer indústria, como a indústria *offshore*, deve-se sempre levar em consideração, tanto a ocorrência de falhas inesperadas dos equipamentos que passam por manutenção, quanto às falhas no próprio planejamento da manutenção, sendo que uma falha no planejamento de manutenção em algum equipamento conseqüentemente pode gerar uma falha no mesmo.

Além disso, deve se considerar falhas na capacitação e/ou familiarização de pessoal, sejam tripulantes ou funcionários de firmas contratadas.

Segundo Seixas (2011), as falhas de equipamentos podem ter origem devido a diversos fatores, como: erros de projeto, programas de manutenção inadequados, postergação da manutenção, treinamento inadequado dos operadores, pressão do cliente, pressão da concorrência, especificação dos componentes, erro de instalação e/ou montagem, etc.

As possíveis perdas, oriundas das falhas, podem ser negligentes ou catastróficas (acidentes e desastres). A manutenção tem uma grande responsabilidade no que se refere a evitar que ocorram falhas nos equipamentos, principalmente aquelas que envolvem a segurança dos sistemas.

Entretanto, não há garantia de que as previsões de manutenção serão atendidas, pois como há envolvimento humano com as máquinas nos diversos fatores que podem causar as falhas citadas, deve ser considerado que nem sempre os serviços desempenhados pelos responsáveis serão perfeitamente

executados.

Logo, é necessário que seja feita uma análise preliminar de risco, para que nenhuma grande adversidade ocorra em algum planejamento de manutenção de forma que gere grandes transtornos ou acidentes. Em caso de algum risco encontrado, medidas mitigadoras devem ser geradas para minimizá-los.

Não basta apenas corrigir um evento “falha”, mas também analisar as possíveis causas que deram origem a este evento. Pois as pequenas falhas de hoje, podem trazer grandes problemas amanhã, se não forem eliminadas ou seu efeito minimizado.

Através das análises e das informações prestadas pelos comandantes e fiscais com mais de 10 anos de experiência nestas operações pode-se considerar como possíveis falhas nas operações de manutenção do sistema flutuante de unidades FPSO:

- Falha no planejamento das operações, pois em algumas situações, quando a embarcação chega para dar entrada e operar, os responsáveis da unidade ainda não sabem qual o serviço que será realizado, bem como, quais equipamentos serão utilizados e se estão em boas condições de operação, perdendo-se tempo para verificação;
- Falha por falta de material necessário para determinada operação, pois determinados materiais apresentam quantidades deficitárias; como exemplo, pode-se citar o flange de lavagem, onde por vezes a embarcação tem que se deslocar por no mínimo duas horas para pegar um flange com outra embarcação para realizar a manutenção;
- Falha por falta de manutenção preventiva em equipamentos necessários à operação, devido à falta de tempo para realizar a manutenção preventiva, pois a demanda de tarefas e operações simultâneas atrasam ou impedem sua realização, sendo necessário em alguns casos uma manutenção corretiva no momento da operação;
- Falha por falta de embarcações de apoio para atender a demanda dos serviços de manutenção, pois quando existe algum contratempo, determinada embarcação atrasa para os demais serviços programados, acumulando serviços e atrasando outras operações; e
- Falha no planejamento com relação à área de estocagem de materiais no

convés da embarcação de apoio, pois em determinadas situações o convés acaba recebendo uma quantidade maior do que necessita para uma operação e isso faz com que se tenha que movimentar cargas pouco antes ou durante a operação, causando atrasos.

6 CONCLUSÃO

Após as análises feitas, e comparados os resultados com as informações obtidas através do auxílio de comandantes e de fiscais com mais de 10 anos de experiência nas operações de manutenção do sistema flutuante, pode-se perceber que as possíveis falhas encontradas são pontuais, porém de grande representação para que se estude possíveis soluções e assim otimizar o tempo de operações de manutenção do sistema flutuante de unidades FPSO.

Dentre as possíveis soluções são sugeridas as seguintes:

- Melhoria no planejamento das operações, de forma que se façam mais reuniões, aumentando a *interface* entre o escritório, onde são programadas as operações, os gerentes e responsáveis pelas operações nas unidades FPSO, fiscais e comandantes das embarcações de apoio, envolvidas nas operações;
- Aumentar o número de materiais necessários para as manutenções, sempre deixando sobressalentes em embarcações ou unidades situadas em pontos estratégicos, evitando deslocamentos e atrasos nas operações;
- Aumentar a supervisão e monitoramento para que sejam seguidas de acordo com o planejamento as manutenções preventivas e preditivas nos equipamentos utilizados nas operações de manutenção do sistema flutuante de unidades FPSO, evitando intervenções corretivas no momento das operações e possíveis atrasos;
- Contratar mais embarcações de apoio, de forma que atenda a demanda dos serviços de manutenção do sistema flutuantes de unidades FPSO e que se tenha embarcações com mais recursos, como por exemplo, tipo OTSV, com sarilhos para armazenamento de linhas de *Offloading*, o que diminui consideravelmente o tempo de operação em relação aos AHTS que fazem rampeamento;
- Melhorar o controle de materiais enviados para bordo para que se tenha melhor organização na estocagem e conseqüentemente espaço necessário para operação de forma segura.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, T. C. **Análise de estrutura administrativa e Métodos de gerenciamento de frota**: Estudo de caso. Projeto Final de Curso de Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro/RJ: 2009.
- ABREU, Fernando H. de Melo. **Simulação de operações de unidades FPSO/FSO**. Rio de Janeiro: Senai – RJ, 2006.
- AMORIM, Nargel. **Operação de alívio em unidade FPSO** - Utilização de navio aliviador convencional na bacia de campos. Rio de Janeiro: CIAGA-RJ, 2010.
- ARAÚJO, Jairo Bastos de. **Sistemas de ancoragem de unidades flutuantes de produção**. Rio de Janeiro: UN-RIO/ST/EISAT, 2004.
- INSTITUTO DE CIÊNCIAS NÁUTICAS. **Segurança operacional em FPSO/FSO/SS**. Rio de Janeiro: ICN, 2004.
- SEIXAS, E. S. Erro Humano na Manutenção. **Simpósio Internacional de Confiabilidade (SIC)**, P4-S2. Fortaleza/CE, Brasil, 18-20 Maio 2011.
- SILVA, J. L. **Modelo de cálculo do custo de escoamento de óleo da bacia de campos**. Rio de Janeiro: PUC - RJ, 2005.
- Paulo, J. **Sobena: o termômetro técnico-científico que sustenta o setor da indústria naval & offshore no Brasil**. Disponível em: http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver_noticia.php?not=275421. Acesso em: 03 set. 2014.