



PLATAFORMAS OFFSHORE
UMA BREVE ANÁLISE DESDE A CONSTRUÇÃO AO
DESCOMISSIONAMENTO

Tailand Oliveira de Amorim

Rio de Janeiro

2010

TAILAND OLIVEIRA DE AMORIM

Aluna do Curso de Tecnologia em Construção Naval

Matrícula 0723800054

PLATAFORMAS OFFSHORE

**UMA BREVE ANÁLISE DESDE A CONSTRUÇÃO AO
DESCOMISSIONAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso, TCC, apresentado ao Curso de Graduação em Tecnologia em Construção Naval, da UEZO, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Tecnólogo em Construção Naval.

Orientador: Érico Vinícius Haller dos Santos da Silva.

Rio de Janeiro

Dezembro de 2010

PLATAFORMAS OFFSHORE
UMA BREVE ANÁLISE DESDE A CONSTRUÇÃO AO
DESCOMISSIONAMENTO

Elaborado por Tailand Oliveira de Amorim

Aluna do Curso de Tecnologia em Construção Naval da UEZO

Este trabalho de Graduação foi analisado e aprovado com grau:.....

Rio de Janeiro, 21 de dezembro de 2010.

Prof. Carlos Alberto Martins Ferreira - D.Sc.

Prof. Humberto Antônio Ramos Rocha

Prof. Érico Vinícius Haller dos Santos da Silva
Presidente

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
DEZEMBRO DE 2010

EPÍGRAFE

“E sabemos que todas as coisas cooperam para o bem daqueles que amam a Deus, daqueles que são chamados segundo o seu propósito”

Apóstolo S. Paulo, Carta aos Romanos (cap. 8; vers. 28)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me direcionado os passos e me sustentado nesta importante fase da minha vida, sem Ele não teria conseguido atingir meus objetivos.

A minha mãe, Maria Inês Oliveira de Amorim, a pessoa que mais me apoiou e me encorajou a continuar em meio às dificuldades e, acima de tudo, me ensinou a ultrapassar obstáculos e vencer desafios. E ao meu pai, José Jorge de Amorim, por acreditar em mim e me apoiar financeiramente, pois sei que não foi fácil.

Ao meu namorado Marcos, por ter sido sempre compreensivo e paciente.

Agradeço ao meu professor e orientador, Érico Vinícius Haller dos Santos da Silva, pela compreensão e por ter acreditado na minha capacidade para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho;

Ao André Longo que muito me ajudou, seja com material, seja tirando dúvidas;

E é com a frase de Michael Jordan, “O talento ganha jogos, mas trabalho em equipe e inteligência, vencem campeonatos” que quero agradecer aos meus amigos e professores, pois eles, que de forma direta ou indiretamente, me ajudaram a vencer este “campeonato”.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, porque d'Ele, por Ele e para Ele são todas as coisas.

Aos meus pais, pela orientação que me deram e que me ajudou a chegar até aqui.

Ao meu namorado Marcos; pelo amor, compreensão e incentivo.

Aos meus amigos mais próximos, inclusive a Gysele e ao Ulysses, pelos momentos incríveis que me proporcionaram nesta fase da minha vida.

RESUMO

Há mais de 50 anos, em 1947, no Golfo do México, as primeiras plataformas *offshore* foram instaladas. Desde então a produção de petróleo no mar vêm crescendo, mesmo diante das crises, com isso ocorreu também o crescimento da construção das plataformas, bem como o desenvolvimento de novas técnicas, novas unidades de produção e instalação destas estruturas. Atualmente, é o descomissionamento que vêm crescendo como principal tema nos congressos. Uma vez que, a maioria das plataformas instaladas está perto de seu final de vida útil.

O presente trabalho fará uma breve análise dos processos de construção, instalação, bem como a desativação e descomissionamento das principais plataformas offshore. Este trabalho aborda os efeitos das instalações destas plataformas no meio ambiente marinho e as principais opções de descomissionamento já estudadas até o momento. A metodologia de pesquisa foi baseada nas revisões bibliográficas de livros, artigos, teses e demais documentos pertinentes às técnicas de construção, instalação e descomissionamento de plataformas offshore.

Palavras-chave: Plataformas Offshore, Instalações Offshore, Construção de Plataformas, Descomissionamento.

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 2.1 – Desenho Esquemático de uma Plataforma Jaqueta	4
FIGURA 2.2 – Torre Complacente	5
FIGURA 2.3 – Auto - Elevatória	6
FIGURA 2.4 – Plataforma Fixa de Gravidade	7
FIGURA 2.5 – Plataforma Semi - Submersível	8
FIGURA 2.6 – FPSO	9
FIGURA 2.7 – TLP	10
FIGURA 2.8 – Forças Atuantes na Plataforma SPAR	11
FIGURA 2.9 – Plataforma SPAR BUOY	12
FIGURA 2.10 – Plataforma Truss SPAR	13
FIGURA 2.11 – Plataforma Cell SPAR.....	13
FIGURA 3.1 – Construção das Colunas da TLP.....	16
FIGURA 3.2 – Construção da Plataforma Cell SPAR Assembly	18
FIGURA 4.1 – Transporte de uma Plataforma Semi-Submersível por Heavy Lift.....	21
FIGURA 4.2 – Transporte de uma estrutura Jaqueta por Barcaça	21
FIGURA 4.3 – Desenho Esquemático da Instalação da Plataforma Jaqueta	22
FIGURA 4.4 – Transporte dos Tanques.....	23
FIGURA 4.5 – Construção das Colunas	24
FIGURA 4.6 – Plataforma Semi-Submersível de Perfuração Instalada.....	25
FIGURA 4.7 – Vista 3D de um sistema DICAS	26
FIGURA 4.8 – Sistema Turret	27
FIGURA 4.9 – Enchimento dos Tanques.....	29
FIGURA 4.10 – Início e Fim da Verticalização.....	29
FIGURA 5.1 – SPAR como fonte de Energia Eólica.....	34
FIGURA 5.2 – Plataforma Troll A comparada a Torre Eiffel.....	36
FIGURA 5.3 – Imagem Artística dos Compartimentos para Lastro	37

FIGURA 5.4 – Remoção Completa de uma Jaqueta	38
FIGURA 5.5 – Remoção Parcial.....	41
FIGURA 5.6 – Tombamento no Local.....	43

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 4.1 – DIFERENÇAS ENTRE O TRANSPORTE REALIZADO POR NAVIOS E BARCAÇAS	20
TABELA 5.1 – TIPOS E CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS.	50

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 2 - TIPOS DE PLATAFORMAS OFFSHORE	2
2.1. PLATAFORMAS FIXAS	3
2.1.1. Jaqueta.....	3
2.1.2. Torre Complacente.....	4
2.1.3. Auto – Elevatória	5
2.1.4. Plataforma de Gravidade.....	6
2.2. PLATAFORMAS FLUTUANTES.....	7
2.2.1. Semi-Submersível	8
2.2.2. Floating Production Storage Offloading (FPSO)	9
2.2.3. TLP (Tension Leg Platform).....	10
2.2.4. SPAR.....	10
2.2.4.1. SPAR BUOY.....	12
2.2.4.2. TRUSS SPAR	12
CAPÍTULO 3 - CONSTRUÇÃO DE PLATAFORMAS OFFSHORE.....	14
3.1. JAQUETA.....	14
3.2. AUTO – ELEVATÓRIA.....	15
3.3. FIXA DE GRAVIDADE.....	15
3.4. SEMI – SUBMERSÍVEL.....	15
3.5. TLP.....	16

3.6. FPSO	16
3.7. SPAR.....	17
CAPÍTULO 4 - INSTALAÇÃO DE PLATAFORMAS OFFSHORE.....	19
4.1. TRANSPORTE DAS PLATAFORMAS.....	19
4.2. INSTALAÇÃO DAS PLATAFORMAS FIXAS.....	22
4.2.1. Instalação das Jaquetas.....	22
4.2.2. Instalação das Plataformas de Gravidade.....	23
4.2.1. Instalação das Auto – Elevatórias	24
4.3. INSTALAÇÃO DAS PLATAFORMAS FLUTUANTES	24
4.3.1. Semi – Submersível.....	25
4.3.2. Floating Productions Storage Offloading (FPSO).....	26
4.3.3. Tension Leg Platform (TLP)	28
4.3.4. SPAR.....	28
CAPÍTULO 5 - DESCOMISSIONAMENTO	30
5.1. MOTIVOS PARA O DESCOMISSIONAMENTO.....	30
5.2. PROCESSO DE DESCOMISSIONAMENTO	31
5.2.1. FPSO e Plataforma Semi-Submersível.....	32
5.2.2. Tension Leg Platform.....	33
5.2.3. SPAR.....	33
5.2.4. Plataforma Fixa de Gravidade.....	35
5.2.5. Jaqueta e Torre Complacente	37
5.2.5.1. Remoção Completa	38
5.2.5.2. Remoção Parcial.....	40
5.2.5.3. Tombamento no Local	43

5.2.5.4. Reutilização.....	44
5.2.5.5. Deixar no Local.....	44
5.3. ETAPAS DO DESCOMISSIONAMENTO	46
5.3.1. Planejamento e Gerenciamento do Projeto	46
5.3.2. Mobilização de Navios para a Operação.....	47
5.3.3. Tamponamento dos Poços.....	47
5.3.4. Preparação da Plataforma para a Remoção	48
5.3.5. Remoção Estrutural.....	48
5.3.6. Descarte de Resíduos	49
5.3.7. Limpeza do Local.....	49
5.3.8. Verificação	51
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÃO.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

As primeiras plataformas offshore foram instaladas em 1947 no Golfo do México. As instalações vêm crescendo juntamente com a demanda de petróleo e, apesar da crise do petróleo, entre as décadas de 60 e 70, esse crescimento não parou, pelo contrário, aumentou não só as instalações de plataformas como também as técnicas utilizadas na extração de petróleo, não só de forma quantitativa como qualitativa.

Há vários tipos de plataformas utilizadas, podendo ser classificadas de diversas maneiras, o impacto ambiental causado por elas difere na forma de instalação e nas subestruturas utilizadas.

Estima-se que, aproximadamente, 7.850 plataformas de produção de petróleo e gás estão instaladas nas plataformas continentais de mais de 53 países ao redor do mundo (FERREIRA, 2003). A maior parte se encontra em seu final de vida útil e a preocupação que deve existir hoje é como desativá-las. Segundo Ruivo (2001), descomissionamento é o processo que ocorre no final da vida útil das instalações de exploração e produção de petróleo e gás. Refere-se ao desmantelamento e, na maioria dos casos, na remoção dos equipamentos. Pode ser descrito como a melhor maneira de encerrar a operação de produção no final da vida produtiva do campo.

Tendo em vista a importância das plataformas offshore e o seu descomissionamento, o presente trabalho tem por finalidade analisar, brevemente, as formas de construção e instalação das unidades offshore além de abordar de forma sucinta o descomissionamento.

CAPÍTULO 2

TIPOS DE PLATAFORMAS OFFSHORE

As plataformas podem ser classificadas de diversas maneiras, porém as três mais usadas são:

- a) Fixa ou Flutuante, sendo a primeira, aquelas que são apoiadas no fundo do mar e entende-se por plataforma flutuante uma estrutura complacente posicionada por sistema de ancoragem;
- b) Perfuração ou Produção, sendo a primeira, que perfura os poços produtores e exploratórios de petróleo e as unidades de produção são posicionadas nos campos já descobertos;
- c) Completação Seca ou Molhada, diferem na posição que é usada a árvore de natal¹, se é colocada em cima da plataforma é dita seca, se for colocada no fundo do mar (cabeça do poço) é dita molhada.

É o EVTE (Estudo de Viabilidade Técnico Econômica) que dita qual a melhor plataforma para ser usada no tipo de exploração, pois há limitações quanto a lamina d'água, o escoamento de óleo e viabilidade econômica do processo.

Este trabalho irá analisar as principais plataformas offshore utilizadas, de acordo com a classificação destas em fixas ou flutuantes. Desde a construção destas até o seu final de vida útil e descomissionamento da mesma.

¹ Válvula de segurança e de controle do fluxo de petróleo que permite o fechamento do poço em caso de emergência ou necessidade operacional.

2.1.PLATAFORMAS FIXAS

São unidades de produção ou perfuração fixadas no solo marinho, através de estacas ou por gravidade. São caracterizadas por estarem apoiadas diretamente no solo marinho e por serem utilizadas em lâmina d'água pequena, em torno de 300 metros.

Foram as primeiras plataformas offshore a serem desenvolvidas e as mais comumente utilizadas. Porém a principal limitação desse tipo de unidade é a lamina d'água a ser instalada, uma vez que em águas mais profundas a instabilidade aumenta, fazendo com que a base desse tipo de plataforma tenha que ser muito grande, e é inviável a quantidade de aço empregada para construção desse tipo de projeto. Os poços de petróleo a serem explorados hoje estão há mais de 4000 metros e nessa profundidade são usadas as plataformas flutuantes.

Por quase não possuírem movimentos todas as plataformas fixas permitem completação seca, ou seja, a árvore de natal encontra-se na superfície. Há quatro tipos de plataformas fixas: Jaqueta, Torre Complacente, Auto – Elevatória e de Gravidade.

2.1.1. Jaqueta

São estruturas utilizadas tanto para perfuração quanto produção de petróleo. Tem como principal característica uma estrutura de revestimento constituída por tubos de aço, por isso recebe o nome de jaqueta. É formada por uma estrutura treliçada e fixada no solo marinho através de estacas, possui geralmente de 4 a 8 pés fixos para alcançar a estabilidade contra a força de ondas. A FIGURA 2.1 mostra o esquema da estrutura de uma plataforma fixa do tipo Jaqueta.

O óleo produzido é escoado diretamente para terra através de dutos ou podem ser utilizados navios acoplados à plataforma. Porém, esta não é a forma mais utilizada. Faz

completação seca, ou seja, a árvore de natal está posicionada acima da linha d'água, na plataforma.

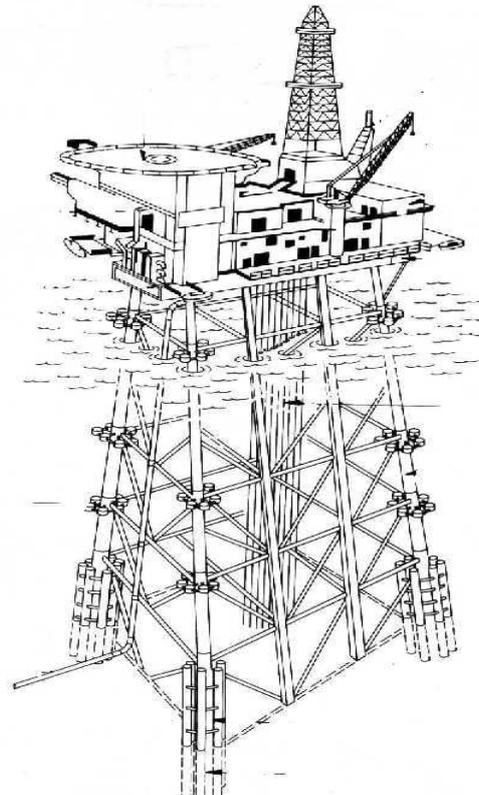


FIGURA 2.1 – Desenho Esquemático de uma Plataforma Jaqueta

Fonte: http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/98-9/offshore/rig.jpg Acessado em 7/12/2010.

2.1.2. Torre Complacente

Tem características semelhantes à plataforma do tipo Jaqueta, possui tubos de aço como revestimento e estrutura treliçada. O que difere é o formato. Enquanto a jaqueta possui base mais ampla, a torre complacente é formada por uma torre estreita e flexível para suportar forças laterais através de deflexões. Com isso, aumenta a estabilidade em lâminas d'água superiores a 400 metros.

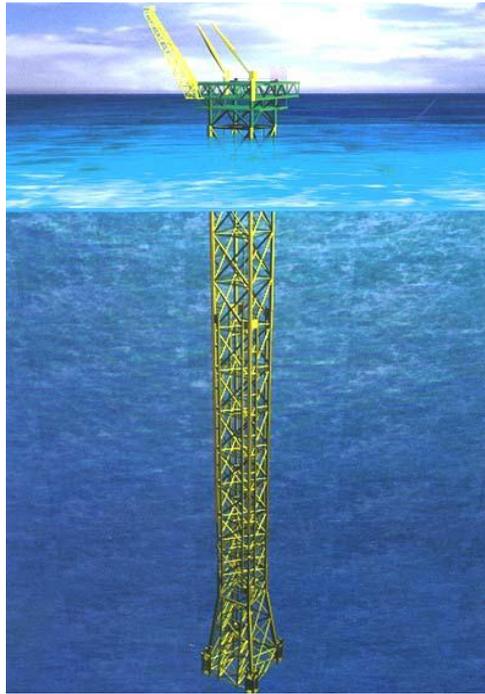


FIGURA 2.2 –Torre Complacente

Fonte: SILVA, 2008.

2.1.3. Auto – Elevatória

Conhecidas também como *Jack-up*, as plataformas auto-elevatórias são unidades móveis que, quando estão em operação, são fixadas no solo marinho através de pernas treliçadas que se encontram nas extremidades da plataforma.

São conhecidas como *Jack-up*, pois uma vez rebocada até o local de exploração, as pernas são fixadas no fundo do mar e a plataforma é erguida sobre essas pernas, acima da linha d'água.

Tem por finalidade a perfuração de poços exploratórios de petróleo na plataforma continental em lâminas d'água de até 130 metros e, portanto, são projetadas para se mover de local para local de exploração.



FIGURA 2.3 - Plataforma Auto – Elevatória

Fonte: BAESSO, 2010.

2.1.4. Plataforma de Gravidade

São plataformas fixadas no solo marinho por gravidade e são construídas em concreto ou em aço. Tem como finalidade a produção de petróleo até 400 metros de profundidade e, assim como a Jaqueta, podem escoar o óleo produzido por dutos ou navios acoplados a ela.

Estas plataformas não necessitam de utilização de âncoras. Segundo Chakrabarti (2005), estas estruturas são bastante adequadas tanto para a produção quanto para armazenamento de petróleo.

Assim como todas as outras unidades fixas de produção a plataforma de gravidade possui completação seca, devido à estabilidade que a plataforma fixa de gravidade possui.



FIGURA 2.4 - Plataforma Fixa de Gravidade

Fonte: MEDEIROS, 2009.

2.2.PLATAFORMAS FLUTUANTES

Com a descoberta de petróleo em lamina d'água superior a 1000 metros foi necessário o desenvolvimento de novas técnicas de exploração. Então, surgiram as plataformas flutuantes que são estruturas complacentes instaladas através de um sistema de ancoragem.

Existem vários tipos de unidades flutuantes que diferem pelo fato de produzir e armazenar petróleo, apenas produzir ou apenas armazenar. Este trabalho abordará as plataformas semi-submersíveis, o FPSO (*Floating Production Storage Offloading*), a TLP (*Tension Leg Platform*) e a SPAR.

2.2.1. Semi-Submersível

São estruturas flutuantes utilizadas para perfuração ou produção de petróleo. É formada basicamente por flutuadores (*pontoons*), contraventamentos (*bracings*), colunas e o convés (*Upper Hull*) que suporta os principais equipamentos de perfuração ou produção. São os Flutuadores os responsáveis pela maior parte do empuxo, garantindo a flutuabilidade da plataforma, por se localizarem abaixo da linha d'água eles também minimizam os movimentos de onda da plataforma. Já as colunas são responsáveis pela estabilidade da plataforma não deixando que ela vire (embarque).

O escoamento do óleo produzido pode ser feito por dutos, porém dependendo da profundidade que é instalada a plataforma são mais usados navios de armazenamento acoplado junto à plataforma.

Esses tipos de plataformas fazem completação molhada, com a árvore de natal no poço, devido aos movimentos de onda aos quais as unidades são submetidas.



FIGURA 2.5 - Plataforma Semi – Submersível

Fonte: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.

2.2.2. Floating Production Storage Offloading (FPSO)

Os FPSOs são unidades estacionárias flutuantes (*Floating*) que produzem (*Production*) e armazenam (*Storage*) petróleo e efetuam o escoamento (*Offloading*) deste. Surgiram por causa da necessidade de exploração em águas profundas e o término de vida útil de navios petroleiros, inicialmente eram utilizados cascos de navios petroleiros desativados para a construção das plataformas. Isso acontecia porque não só era mais barato que a construção de uma nova unidade como também era mais rápido.

A ideia central dos FPSOs é garantir uma grande capacidade de armazenamento que permita a instalação dessas unidades em campos muito afastados da costa, onde a instalação de linhas de duto torna-se proibitiva (GROVE, 2005).



FIGURA 2.6 - FPSO

Fonte: GROVE, 2005.

2.2.3. TLP (Tension Leg Platform)

São unidades flutuantes tanto de perfuração quanto de produção de petróleo. Possui o casco semelhante a uma plataforma semi – submersível, porém as TLPs são ancoradas por tendões de aço fixados no mar através de estacas, a flutuabilidade do casco faz com que os cabos fiquem tracionados reduzindo o movimento de *heave* da plataforma. Isso ajuda na completação que pode ser do tipo seca, facilitando o controle do fluxo de óleo e aumentando a segurança da extração deste.

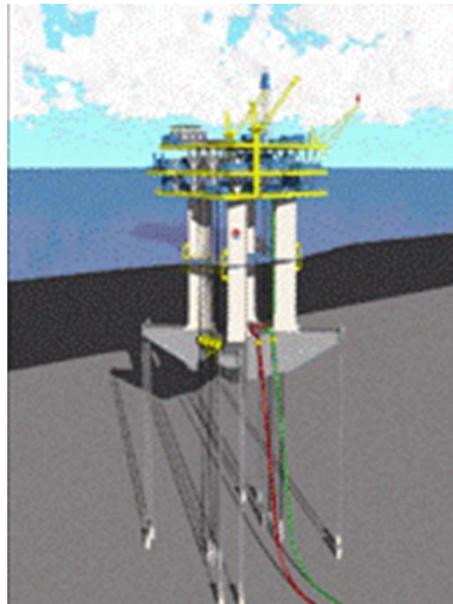


FIGURA 2.7 - TLP

Fonte: <http://www.projectconsulting.com/images/projects/img50.jpg> Acessado em 7/12/2010.

2.2.4. SPAR

As plataformas SPAR são utilizadas para exploração em águas profundas, em torno de 1650 metros. Possui maior estabilidade do que as plataformas citadas anteriormente, gerando poucos movimentos verticais, devido ao tamanho do calado da plataforma, a

resultante de vento, de corrente e onda não conseguem deslocar significativamente o centro de rotação, possibilitando desta forma uma diminuição dos efeitos de onda e movimentos verticais, conforme mostra a FIGURA 2.8. Isso possibilita não só o uso de *risers* rígidos de produção como também a completação seca.

Estas plataformas têm como principais características o calado de operação com cerca de 200 metros, o baixo custo, podendo utilizar um sistema de amarração convencional.

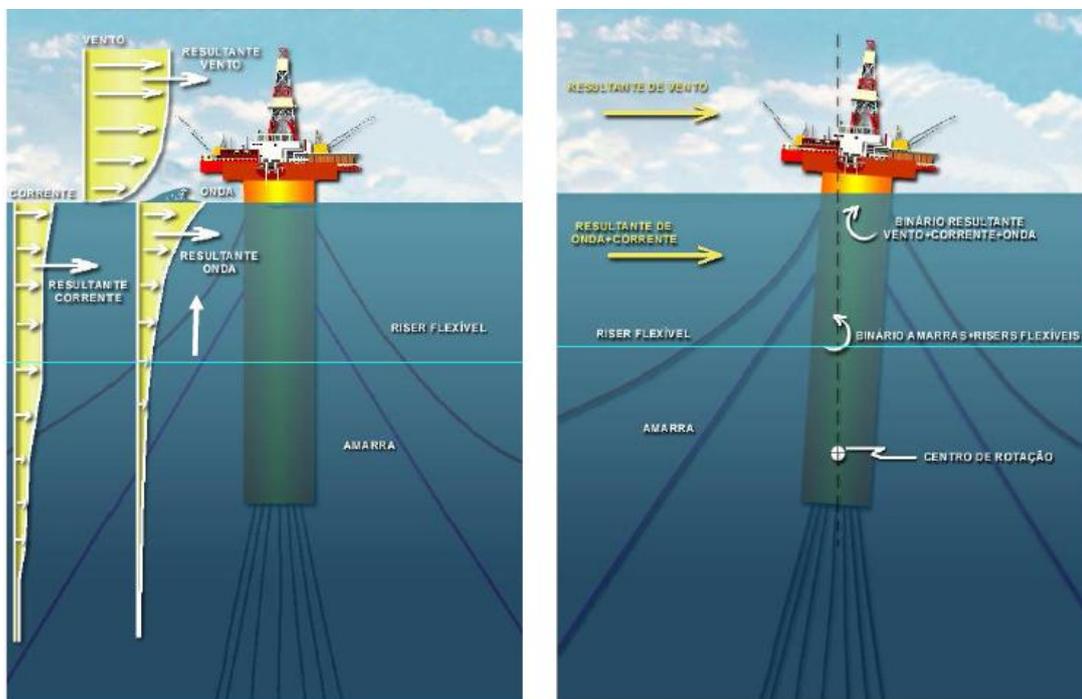


FIGURA 2.8 - Forças Atuantes na Plataforma SPAR

Fonte: Desconhecida.

Há três tipos de plataformas SPARs, baseadas na evolução do conceito da mesma, que são:

- a) *Spar Buoy*;
- b) *Truss Spar*;

c) *Cell Spar*.

2.2.4.1. SPAR BUOY

Possui como principal característica o casco em formato de um único cilindro vertical, composto por aço, que flexibiliza a capacidade de carga no convés. Este foi o primeiro conceito de plataforma SPAR a ser desenvolvido.

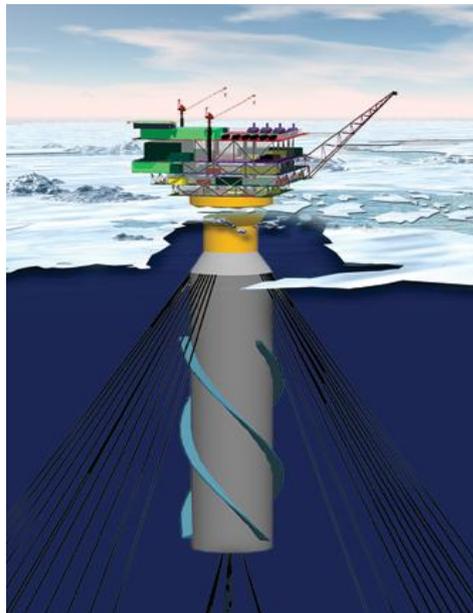


FIGURA 2.9 - Plataforma SPAR BUOY

Fonte: <http://www.epmag.com/Magazine/2008/9/item8296.php> Acessado em 8/12/2010.

2.2.4.2. TRUSS SPAR

Consiste na principal evolução do conceito da plataforma SPAR, que é a substituição do cilindro na região abaixo dos tanques por uma estrutura treliçada e por placas horizontais que minimizam os efeitos de onda e diminuem os movimentos verticais da plataforma.

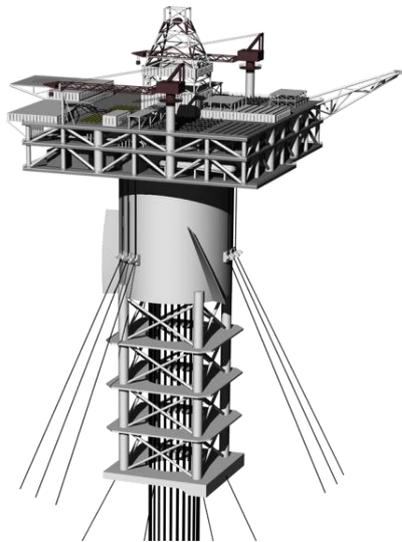


FIGURA 2.10 - Plataforma Truss SPAR

Fonte: www.stoprust.com Acessado em 29/11/2010.

2.2.4.3. CELL SPAR

A plataforma *Cell SPAR* possui as mesmas características da *Truss SPAR*, a diferença é que esta é composta por vários tubos menores em volta de um único cilindro. Foi desenvolvida desta forma devido ao baixo custo da construção.



FIGURA 2.11 - Plataforma Cell SPAR

Fonte: www.offshore-mag.com Acessado em 29/11/2010.

CAPÍTULO 3

CONSTRUÇÃO DE PLATAFORMAS OFFSHORE

A construção das plataformas flutuantes é diferenciada apenas pelo projeto do casco da plataforma. A construção dos módulos da planta de processo é quase sempre feita por empresas terceirizadas. O FPSO devido a sua particularidade de projeto é diferenciado, em todos os aspectos, da construção das outras plataformas flutuantes.

A construção é dividida em etapas e começa quando o projeto, que define qual o material e o tipo de plataforma a ser usada na exploração, chega ao estaleiro. Este, normalmente, é responsável apenas pela construção do casco.

Os cascos são construídos de aço, com exceção da plataforma de gravidade e apenas uma plataforma semi-submersível que são feitas de concreto. Enquanto os módulos dos conveses são construídos por empresas terceirizadas paralelamente a construção do casco.

3.1.JAQUETA

O projeto estrutural desta plataforma abrange as mais diversas áreas de engenharia. O primeiro passo é a preparação dos dados físicos, requeridos para descrever a estrutura ao computador, este é o projeto em si da estrutura. Após o projeto e a fabricação das peças tubulares, a Jaqueta é montada em peças maiores, como blocos de um navio, com soldagem das peças entre si, estas peças são interligadas já apoiadas na viga de lançamento da estrutura.

A construção da estrutura é feita na horizontal e a solda realizada entre os tubos da estrutura devem ser feitas com alta precisão e qualidade, pois estão sujeitas a alta tensão, uma vez que estas são a sustentação de toda a plataforma.

3.2.AUTO – ELEVATÓRIA

A primeira parte da plataforma a ser construída são as anteparas internas do casco, feito de concreto, possui a forma de um triângulo e em cada vértice é feito uma abertura onde serão colocados os pés e as pernas treliçadas que sustentam a plataforma. Ao mesmo tempo em que é construído o casco também são construídos os *Spud Can*, como são chamados os pés da estrutura, a torre de perfuração, as acomodações, o heliponto e as três pernas treliçadas. Estes são os *topsides* que podem ser construídos no mesmo estaleiro ou por empresas terceirizadas.

3.3.FIXA DE GRAVIDADE

A construção das plataformas fixas de gravidade é iniciada em canteiro de obra do estaleiro e finalizada em alto – mar, devido às características já mencionadas no capítulo 1. Os tanques são concretados e transportados para o local de instalação da plataforma onde o processo é finalizado com a construção das colunas.

3.4.SEMI – SUBMERSÍVEL

As construções das plataformas semi – submersíveis podem ser realizadas tanto em canteiro de obra quanto em dique seco nos estaleiros. A primeira etapa do processo é a divisão do projeto em blocos, em seguida preparam-se as chapas, os perfis e os painéis para a montagem dos blocos dentro das oficinas do estaleiro. Esses blocos são levados até o local da construção para a montagem dos componentes e edificação da estrutura.

3.5.TLP

A construção é feita por blocos, onde estes são feitos nas oficinas do estaleiro. Os blocos são levados para o local da construção, geralmente em canteiro de obra, através de guindastes. A construção da plataforma TLP, diferentemente da plataforma Jaqueta, é feita verticalmente, ou seja, o casco é disposto de forma vertical e a construção inicia-se pelos *pontoons* ou pelos tanques de asa da plataforma.

Os blocos são conectados através da soldagem, a estrutura de suporte do tendão é soldada aos tanques de lastro permanentes. Desta forma são construídas as colunas, sendo uma coluna a praça de bombas e outras três de estoque de óleo diesel e água doce. É instalado a estas colunas, o *bracing* que é a parte responsável pela interligação das colunas e posterior encaixe à planta de processo.



FIGURA 3.1 - Construção das Colunas da TLP

Fonte: REYS, 2010.

3.6.FPSO

O FPSO por não ser especificamente um navio está submetido a regras de segurança e conceitos estruturais e operacionais de forma diferenciada, os conceitos de projeto e construção são distintos.

Quando é feito o estudo do poço a ser explorado é escolhido o navio a ser convertido, que não só apresenta um bom estado de conservação, como também o tamanho do mesmo para o ritmo de exploração e armazenamento do petróleo. É feita a análise, principalmente, da estrutura da embarcação bem como os arranjos de proa e popa que terão por função não só melhorar a estabilidade como também poderá facilitar a instalação dos sistemas de amarração da plataforma.

O processo de construção dos equipamentos do convés é separado da do casco. Enquanto o casco é convertido por um estaleiro os equipamentos são fabricados, paralelamente, por empresas contratadas.

3.7.SPAR

Há diferentes formas de ser feita a construção das plataformas SPARs, a diferença está de acordo com o tipo de plataforma, seja SPAR convencional, *Cell SPAR* ou *Truss SPAR*.

A construção da SPAR BUOY, a convencional, é semelhante à de um navio. São construídas em blocos e a edificação é realizada no canteiro de obra. Já a construção da *Cell SPAR* é mais simples, pois, geralmente, os tubos são dutos reaproveitados. É feita a adaptação destes e os tubos são conectados conforme mostra a figura a seguir.



FIGURA 3.2 - Construção da plataforma CELL SPAR Assembly.

Fonte: TECHNIP, 2004.

A Truss SPAR difere em seu modo de construção, pois é feito primeiro a construção do cilindro, as chapas horizontais são fabricadas nas oficinas do estaleiro e levadas até a edificação no canteiro de obra. Uma vez transportadas, é iniciado o processo de edificação, de acordo com o projeto de casco da plataforma, como já foi visto.

CAPÍTULO 4

INSTALAÇÃO DE PLATAFORMAS OFFSHORE

Uma vez construída a plataforma o processo de instalação é iniciado, através do transporte do casco da plataforma para a área de exploração no mar, esse processo é feito em etapas, depois do lançamento do casco é feita a instalação deste.

As plataformas fixas são instaladas de acordo com a estrutura que o casco possui enquanto as plataformas flutuantes diferem no modo de amarração ao qual o casco está submetido. Portanto, iremos abordar neste capítulo, separadamente, não só a instalação de cada tipo de plataforma como também a instalação da planta de processo.

4.1. TRANSPORTE DAS PLATAFORMAS

É a primeira etapa do processo de instalação. O transporte pode ser feito de três maneiras distintas:

- a) Barcaça, utilizada para transporte das plataformas Jaqueta e Spar;
- b) Rebocador, que pode ser usado para o transporte da maioria das plataformas, mas, principalmente, as auto – elevatórias, de gravidade e FPSO.
- c) Navio *Heavy Lift*, que é o mais versátil, normalmente utilizado para transporte das plataformas semi – submersível e TLP.

Para ser feita a melhor escolha de modalidade de transporte são levados em consideração os custos, a segurança, e o tempo de transporte. Tudo isso requer um planejamento muito cuidadoso e detalhado, principalmente quanto à preparação do transporte para receber a embarcação a ser transportada. É necessário que haja troca de informações entre o armador e a equipe de transporte sobre as características da plataforma e da embarcação que irá transportá-la.

O uso de barcaças é feito quando a instalação não é localizada muito distante da costa, porém a escolha desse tipo de transporte é arriscada quando a estrutura da plataforma é muito pesada, porque apesar de aparentar um baixo custo, pode significar maiores gastos com seguro, custos logísticos e tempo de viagem, tendo então um maior custo no final do processo.

Já os navios Heavy Lift são usados para o transporte de plataformas pesadas, em torno de 50 a 60 mil toneladas, e onde as condições de mar são mais severas. O uso do navio apresenta diversas vantagens em relação ao uso de barcaças, como mostra a tabela a seguir:

TABELA 4.1 - DIFERENÇAS ENTRE O TRANSPORTE REALIZADO POR NAVIOS E BARCAÇAS

	Navio	Barcaça
Estabilidade	Estável em todos os modos de operação	A estabilidade tem que ser verificada durante o transporte.
Acesso a embarcação	Constante por prancha, escada ou guindaste.	Depende das condições de tempo e da capacidade da embarcação miúda do rebocador.
Apoio	Projetado para apoiar toda equipe da embarcação transportada.	Apoio limitado a parte da equipe.
Custo	Mais caro, porém possui um tempo de contrato menor.	Mais barato por dia de contrato, porém o contrato é mais longo.
Seguro/Risco	Devido à maior segurança, o seguro é relativamente baixo.	Pode custar uma parcela significativa do preço do reboque.
Velocidade	Boa velocidade, pois foi projetado para navegar em mar aberto.	Bastante lento.
Risco	Com uma boa amarração, os riscos são mínimos.	Os riscos são grandes, inerentes à existência de duas unidades (rebocador e barcaça) e o aparelho de reboque.

Fonte: Revista Passadiço (2006).

As figuras a seguir mostram o transporte realizado por Navio Heavy Lift, Barcaça e Rebocadores.



FIGURA 4.1 - Transporte de uma plataforma semi-submersível por Heavy Lift

Fonte: Revista Passadiço, 2006.



FIGURA 4.2 - Transporte de uma estrutura Jaqueta por Barcaça

Fonte: <http://escadaedesevolvimento.wordpress.com/2009/11/page/2/> Acessado em 12/12/2010.

Pode-se observar que os navios rebocadores são usados, praticamente, em todas as instalações, sejam como os principais transportadores ou apenas auxiliando o transporte. O uso de rebocadores é mais empregado quando o transporte é próximo a costa e onde as estruturas são mais leves, pois diferente disto o custo se torna elevado e, portanto, inviável economicamente.

4.2. INSTALAÇÃO DAS PLATAFORMAS FIXAS

Quando o casco da plataforma já foi transportado até o poço inicia-se a segunda etapa do processo, a instalação do casco. As plataformas fixas têm diferenciados modos de serem fixadas no leito marinho, esses métodos são feitos de acordo com o arranjo da estrutura e filosofia de projeto da unidade.

4.2.1. Instalação das Jaquetas

A operação inicia-se com o lançamento da estrutura treliçada ao mar, ocorre a flutuação da mesma, que é verticalizada através do içamento por guindastes flutuantes, a última etapa da operação é o assentamento no leito marinho por estacas que são cravadas no solo.

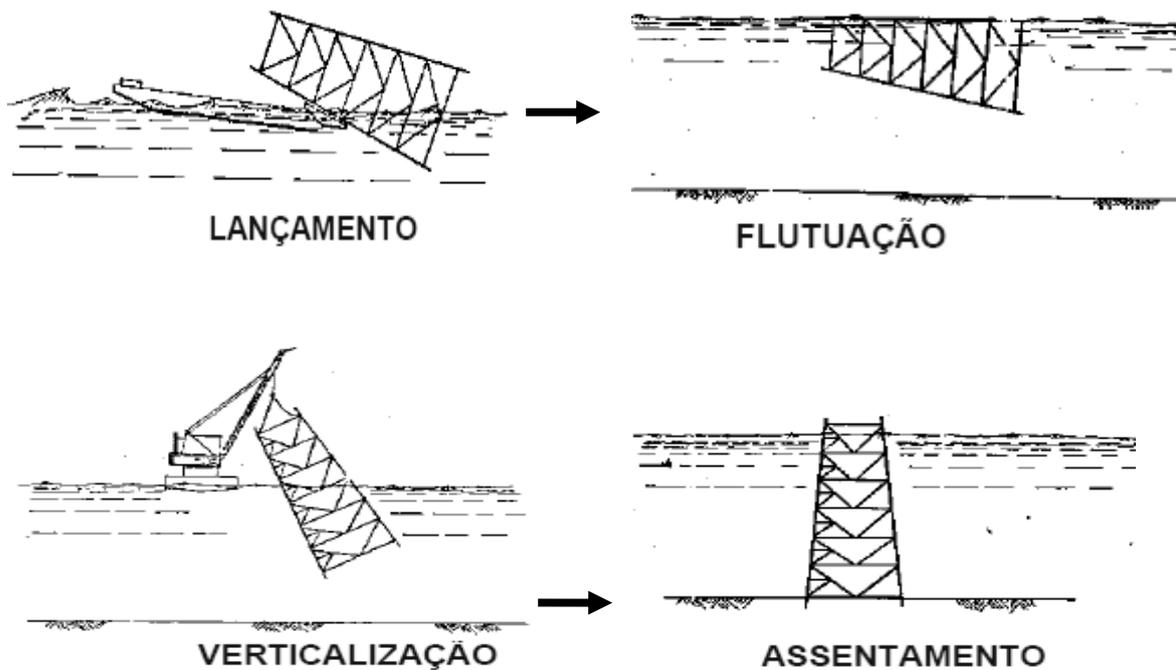


FIGURA 4.3 - Desenho Esquemático da Instalação da Plataforma Jaqueta.

Fonte: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.

4.2.2. Instalação das Plataformas de Gravidade

No caso das plataformas de gravidade, como citamos anteriormente, a instalação é feita junto com o término da construção. Os tanques são transportados, parcialmente submersos, por rebocadores até o local de instalação. Feito isto, os tanques continuam a ser construídos e concretados, na medida em que se enchem os tanques a plataforma vai afundando, por gravidade, até o ponto em que começa a construção das colunas, com o aumento do peso da estrutura, a plataforma vai afundando e atinge o solo marinho onde será fixada. A instalação é concluída quando a planta de processo é colocada e montada sobre a estrutura de concreto.



FIGURA 4.4 - Transporte dos Tanques.

Fonte: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.

A figura a seguir mostra a construção das colunas de concreto da plataforma para a finalização do processo de instalação.



FIGURA 4.5 - Construção das Colunas

Fonte: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.

4.2.1. Instalação das Auto – Elevatórias

O processo de instalação começa quando as pernas são usadas, junto com macacos hidráulicos, para levar a plataforma até o mar, em seguida navios rebocadores levam a estrutura até o poço de petróleo e são instaladas mais uma parte das pernas à estrutura. A instalação é concluída quando, através de motores muito potentes, as três pernas treliçadas são lançadas até o fundo do mar e o casco é erguido até a altura máxima de onda do local.

4.3. INSTALAÇÃO DAS PLATAFORMAS FLUTUANTES

As plataformas flutuantes diferentemente das plataformas fixas não possuem um método específico de instalação para cada uma delas. São diferenciadas apenas pelo sistema de ancoragem e os risers utilizados, com exceção da plataforma SPAR.

São três tipos principais de sistema de ancoragem, *single point mooring*, *spread mooring* e posicionamento dinâmico.

4.3.1. Semi – Submersível

A instalação desta plataforma é feita através do sistema de ancoragem *spread mooring* onde as linhas de ancoragem são dispostas em torno da plataforma permitindo a capacidade de resistir aos esforços ambientais, como o vento, correntes e onda, independentemente da direção de atuação destes esforços. Conforme mostra a figura:

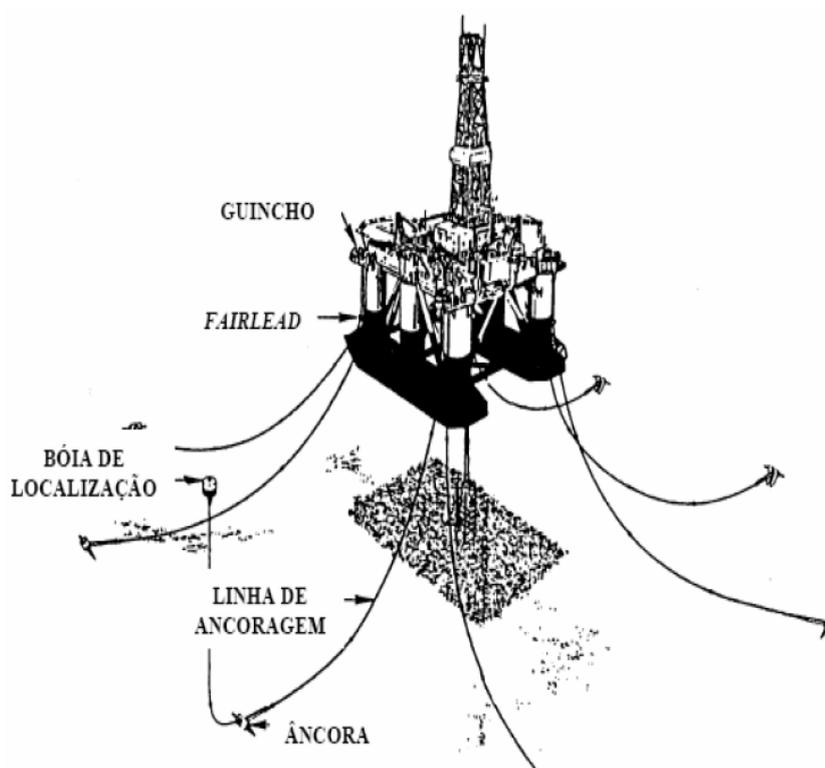


FIGURA 4.6 - Plataforma Semi-Submersível de Perfuração Instalada.

Fonte: ALONSO, 2010.

4.3.2. Floating Productions Storage Offloading (FPSO)

Os FPSOs são instalados de acordo com o sistema de ancoragem definido no projeto da plataforma. Há três maneiras de ancorar o FPSO e são estas:

- a) *Single Point Mooring*, que consiste na amarração em um único ponto;
- b) *Spread Mooring*, onde a amarração é feita em vários pontos da embarcação;
- c) *Turret*, que assim como o primeiro, consiste na amarração em único ponto.

Na amarração em único ponto, a principal vantagem é o alinhamento que o sistema permite entre a embarcação e os esforços de ordem ambiental, como corrente, vento e onda. Desta forma os esforços provocados pelas forças atuantes no casco do navio são minimizados.

Contudo, o sistema de amarração em vários pontos utilizado na ancoragem de um FPSO é o sistema DICAS (*Differentiated Compliance Anchoring System*), que consiste na utilização de várias linhas de ancoragem, distribuídas em torno da embarcação, conforme mostra a FIGURA 4.7.

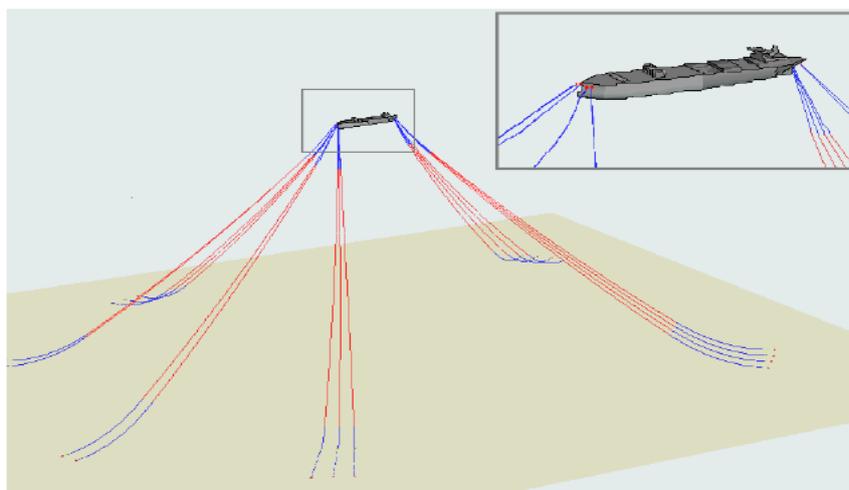


FIGURA 4.7 - Vista 3D de um sistema DICAS.

Fonte: ALONSO, 2010.

O sistema DICAS é uma variação do sistema *Spread Mooring*, que se caracteriza por adotar tensões diferenciadas nas linhas e daí permitir que a unidade possa girar, se adequando à posição de equilíbrio e reduzindo as forças de tração resultantes em suas linhas, mas não permite o seu completo alinhamento (MEDEIROS, 2009).

A ancoragem por ponto único, através do *Turret*, todas as linhas de ancoragem e *risers* são presas no *turret* que é parte estrutural da embarcação. O conceito deste sistema é possibilitar a rotação da embarcação por meio de um complexo suível onde todos os componentes giram 360° em torno do eixo, o *turret*.



FIGURA 4.8 - Sistema *Turret*

Fonte: MEDEIROS, 2009.

4.3.3. Tension Leg Platform (TLP)

A instalação desta plataforma é baseada em seu conceito, como já foi visto, a ancoragem é feita através de tendões verticais, estes por sua vez estão tracionados devido ao empuxo provocado pela parte submersa da plataforma. Nesse sistema a força do empuxo na unidade flutuante é muito maior que o seu peso. Portanto, a ancoragem vertical consiste na constante tração promovida pelo excesso de empuxo, fornecido pelo casco da plataforma.

4.3.4. SPAR

A plataforma SPAR diferentemente das outras plataformas flutuantes, baseia-se sua instalação de forma semelhante às plataformas fixas do tipo Jaqueta, mas também é utilizado na instalação o sistema de amarração, porém de forma convencional.

Uma vez transportada até a localização do poço a ser explorado, é feito o enchimento dos tanques de lastro para o início da verticalização do casco da plataforma. Assim que o casco é posicionado na orientação prevista no projeto, dar-se-á início a instalação do sistema de amarração, que é feito por linhas convencionais de ancoragem dispostas em catenária.



FIGURA 4.9 - Enchimento dos Tanques

Fonte: Desconhecida.



FIGURA 4.10 - Início e Fim da Verticalização

Fonte: Desconhecida

CAPÍTULO 5

DESCOMISSIONAMENTO

Não existe uma definição específica para o descomissionamento, porém segundo Ruivo (2001), descomissionamento é o processo que ocorre no final da vida útil das instalações de exploração e produção de petróleo e gás. Refere-se ao desmantelamento e, na maioria dos casos, na remoção dos equipamentos. Pode ser descrito como a melhor maneira de encerrar a operação de produção no final da vida produtiva do campo.

Antigamente, usava-se o termo “abandono” para esse processo, mas como esse nome poderia sugerir um descarte irresponsável das plataformas, após algumas discussões em debates e congressos internacionais, o termo foi trocado para descomissionamento.

Desta forma, o que preocupa quando a plataforma chega ao final de sua vida útil refere – se ao que fazer com as estruturas e as fundações desta, ou seja, não só com o casco, mas também os sistemas de ancoragem, risers, tudo aquilo que se conecta a ela e faz a exploração de petróleo ser viável.

O desenvolvimento de novas tecnologias e recursos possibilita o avanço das técnicas utilizadas e torna possível o processo de descomissionamento como remoção completa ou parcial. As opções de processo são as mais variadas e são influenciadas pelos aspectos econômicos, ambientais, legislações além das características da plataforma.

5.1. MOTIVOS PARA O DESCOMISSIONAMENTO

Há vários fatores que influenciam o descomissionamento, porém a maioria destes pode não ser definida precisamente. Dentre os principais estão:

- a) Término de vida útil da plataforma;
- b) Esgotamento do poço produtor;

c) Fator econômico.

Talvez a vida útil das plataformas seja o principal motivo para o descomissionamento. Mesmo que não seja possível precisar quando a estrutura chega a sua exaustão física, a vida útil está mais ligada ao período em que o projeto se mantém economicamente viável do que à fadiga do material (SILVA, 2008).

O esgotamento do poço produtor é o momento de encerramento da produção, está de alguma forma, ligada ao fator econômico, pois muitas vezes é necessário o uso de estímulos para a continuação da extração, como por exemplo, o uso de navios WSV (*Well Simulation Vessel*) para estimulação dos poços, os equipamentos utilizados para estimular a produção de óleo aumentam os custos da exploração, fazendo com que esta exploração não seja mais economicamente viável. Com isso, alguns dos recursos, em função do aumento dos custos de extração, não chegam a ser explorados.

É a operadora, responsável pela plataforma, quem determina o momento para as operações de descomissionamento, através da análise dos principais fatores econômicos e técnicos de exploração da reserva de petróleo e gás. Entretanto, é importante ressaltar, que não há como prever com exatidão a desativação das plataformas *offshore*.

5.2. PROCESSO DE DESCOMISSIONAMENTO

O processo de descomissionamento começa com a avaliação e escolha das possíveis opções do mesmo. Quando a produção de óleo e gás é encerrada os poços são tamponados e é feito o descomissionamento, podendo ser a remoção completa ou parcial da estrutura e também a reciclagem dos equipamentos que são removidos.

O descomissionamento é complexo não só porque envolve várias áreas de conhecimento, mas também por estar ligado a questões tanto políticas quanto ambientais. A melhor escolha para descomissionar depende dessas questões políticas e ambientais e também de questões estruturais como peso, tamanho e tipo da mesma. Além de condições climáticas e consistência do solo marinho, importantes fatores a serem analisados.

Segundo Ruivo (2001), o processo de descomissionamento pode ser aplicado a seis principais classes de instalações:

- a) FPSOs e plataformas semi – submersíveis;
- b) Torres complacentes, TLPs e Spars;
- c) Estruturas de concreto e de aço;
- d) Topsides;
- e) Sistemas Submarinos;
- f) Oleodutos e Linhas de Fluxo;
- g) Poços.

Neste trabalho será abordado o processo e técnicas de descomissionamento dos FPSOs e das plataformas semi – submersíveis, das torres complacentes, TLP, Spars e as plataformas fixas de Gravidade e Jaquetas, além dos sistemas submarinos.

5.2.1. FPSO e Plataforma Semi-Submersível

Por essas plataformas serem do tipo flutuante são mais fáceis e possuem menos custo para descomissionar do que as plataformas fixas. A principal dificuldade para o processo de descomissionamento dessas unidades é a desconexão de todas as amarrações, linhas de fluxo e risers, uma vez que, situadas em águas mais profundas, não utilizam oleodutos para o escoamento do petróleo produzido.

A remoção completa dos sistemas de ancoragem é mais válida em águas rasas, quando é utilizado tecnologias de corte existentes aliadas a pequenas embarcações. Entretanto, em águas mais profundas, onde normalmente são utilizadas essas plataformas,

FPSO e a semi-submersível, a operação de remoção é feita com ROVs², pois se encontra acima do limite possível de trabalho de mergulhadores. Nestes casos, a solução de descomissionamento encontra-se no equilíbrio entre a opção de Remoção Completa e Deixar no local.

5.2.2. Tension Leg Platform

Apesar de ser uma plataforma flutuante, a TLP tem um processo de descomissionamento diferenciado, porque possui um sistema de amarração tracionado que dificultaria a desinstalação da mesma. Os risers utilizados por esta plataforma também são complexos para desativação. Contudo, até o momento, não há experiências de descomissionamento desse tipo de estrutura, uma vez que seus conceitos são novos no mercado.

5.2.3. SPAR

Como as SPARs são estruturas muito longas, em torno de 225 metros de comprimento, o descomissionamento pode não ser trivial. A desconexão da embarcação e dos pontos de ancoragem no fundo do mar acaba sendo mais difícil. Devido ao uso de risers rígidos, ao contrário dos flexíveis utilizados nas FPSO e Plataformas Semi-submersíveis, o processo de descomissionamento se torna ainda mais complexo.

A plataforma SPAR é um conceito relativamente novo no mercado offshore, portanto, não possui muitas opções de descomissionamento. As mais estudadas atualmente,

² *Remotely Operated Vehicle* (Veículo de Operação Remota) que permite operações a maiores profundidades e por um período mais prolongado do que com mergulhadores.

são a reutilização e deixar no local como utilização alternativa, por exemplo, fonte de energia eólica (FIGURA 5.1).



FIGURA 5.1 – SPAR como fonte de Energia Eólica

Fonte: http://www.technologyreview.com/files/17476/hywind_x220.jpg Acessado em 7/12/2010.

A única experiência no caso de descomissionamento de SPARs é a plataforma Brent SPAR, de 150 metros de comprimento e 29 metros de diâmetro, pesando cerca de 66 mil toneladas, possui como característica principal, a capacidade de armazenar em torno de 300 mil barris de petróleo. Com 15 anos de exploração de petróleo no Mar do Norte, as atividades foram encerradas.

A empresa responsável pela plataforma, a Shell UK, estudou 13 opções de descomissionamento e escolheu a disposição da estrutura em águas profundas, cerca de 1830 metros. O Greenpeace foi contra esta decisão e boicotou os produtos da Shell, com cerca de 30% de queda só na Alemanha, além de fazer diversos ataques em mais de 200 instalações da empresa.

Com isso, diversas autoridades governamentais demonstraram resistência quanto ao afundamento da estrutura, posteriormente, a empresa Shell fez a remoção completa da plataforma, rebocou até a costa e seccionou o casco da estrutura para a reciclagem do material.

Este descomissionamento gerou um custo de, aproximadamente, US\$77,4 milhões e ainda levantou a questão de que todos os órgãos envolvidos deverão participar do processo decisório de descomissionamento.

5.2.4. Plataforma Fixa de Gravidade

As estruturas de concreto existentes deveriam ser removidas e dispostas em abissais oceânicos, porém com o problema ocorrido com a Brent SPAR, essa opção ficou sem reavaliação e não se sabe ao certo qual a melhor opção para o descomissionamento das plataformas fixas de gravidade.

Entretanto, há dúvidas quanto às técnicas que devem ser utilizadas na desconexão da estrutura com o solo, ou seja, um processo de lastro. Haja visto, o tamanho e peso das estruturas da primeira geração das plataformas fixas de gravidade, como por exemplo, as situadas no Mar do Norte, as plataformas Troll A e Gullfaks C aos quais pesam, respectivamente, um milhão e um milhão e meio de toneladas, possuem em torno de 400 metros de altura. A FIGURA 5.2 faz um comparativo do tamanho da plataforma Troll A com a Torre Eiffel, de forma a demonstrar a dimensão desta plataforma.



FIGURA 5.2 - Plataforma Troll A comparada a Torre Eiffel
Fonte: <http://www.worldsstrangest.com> Acessado em 29/11/2010.

Já foram consideradas duas opções, como tombamento no local e remoção parcial, porém estas opções apresentam um risco ambiental elevado, pois poderiam liberar óleo ou lama residual, caso as colunas de armazenamento fossem danificadas durante o processo de tombamento ou corte.

Segundo Ruivo (2001), desde 1978, as plataformas fixas de gravidade foram projetadas com a possibilidade de remoção completa por reflutuação, como opção para o processo de descomissionamento. Esta reflutuação consiste na inversão do processo de instalação, podendo, posteriormente, ser rebocada e disposta em águas profundas, ou cortada e disposta em terra. Porém no caso destas plataformas da primeira geração já citadas, como a Troll A e Gullfaks C, a reflutuação é feita através de um sistema de lastro por injeção de ar, que seria instalado na estrutura, já que esta geração não foi construída com preocupações acerca de seu descomissionamento.

A melhor opção de descomissionamento destas estruturas é a remoção completa, pois podem ocorrer problemas de segurança e com a manutenção da integridade estrutural. Esta opção requer o processo de instalação ao contrário, ou seja, um processo de reflutuação da plataforma. Isso acontece com o esvaziamento do tanque de lastro da

estrutura induzindo a flutuação, é injetado água nos compartimentos de fundação da plataforma, de forma a desconectá-la do solo.



FIGURA 5.3 - Imagem artística dos compartimentos para lastro
Fonte: SILVA E MAINIER, 2008.

5.2.5. Jaqueta e Torre Complacente

Para as plataformas fixas do tipo Jaqueta e torre complacente, existem várias opções para o descomissionamento de suas estruturas, segundo Ruivo (2001), as principais são:

- a) Remoção Completa;
- b) Remoção Parcial;
- c) Tombamento no local;
- d) Reutilização;
- e) Deixar no local/Utilizações Alternativas.

5.2.5.1. Remoção Completa

Qualquer remoção completa de determinada estrutura consiste no processo de instalação ao inverso. A limitação do processo é devida, principalmente, a capacidade do navio-guindaste para o içamento da estrutura, então, a plataforma pode ser seccionada em várias partes de acordo com o tamanho da estrutura, conforme mostra a FIGURA 5.4.

Este tipo de remoção deve ser realizado com, aproximadamente, cinco metros de profundidade abaixo do solo marinho. De forma que não cause interferência para os usuários do local, como pescadores e embarcações.

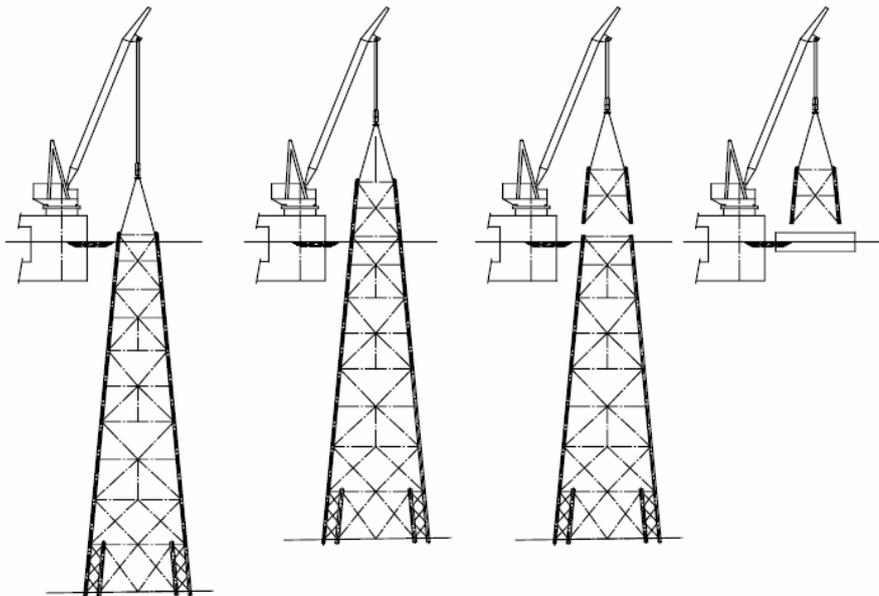


FIGURA 5.4 - Remoção Completa de uma Jaqueta
Fonte: SILVA, 2008.

A melhor opção, quando a plataforma fixa de aço é removida, é transportá-la a terra e reciclá-la. O descomissionamento dessas plataformas começaram a acontecer no período de 1971 a 1975, quando as primeiras plataformas instaladas chegaram ao seu final de vida

útil, desde então, a remoção completa que teve maior parte de sua estrutura reciclada, cerca de 99%, foi o complexo de Gás Viking A no Mar do Norte.

Dentre as vantagens deste processo, as principais são:

- a) Volta do local onde se desenvolveu a exploração, à sua condição natural;
- b) Nada permanece acima do solo marinho, portanto, atende completamente as necessidades da pesca com redes e não apresenta riscos à navegação;
- c) Não requer nenhuma alteração nas legislações internacionais vigentes;
- d) Elimina principais complicações e manutenção do local;
- e) Permite a reciclagem total dos materiais.

Quanto às desvantagens deste processo as principais são:

- a) Elevado custo financeiro;
- b) Os impactos ambientais gerados, como eliminação do habitat artificial criado ao redor da base da estrutura, morte dos peixes, decorrente dos explosivos utilizados para o corte da estrutura;
- c) Utilização de explosivos depende de aprovação do órgão ambiental competente;
- d) Oferece risco a segurança dos mergulhadores;
- e) Riscos no processo de remoção, devido ao atrito entre a estrutura e o solo.

Segundo Ruivo (2001), esta é a opção de descomissionamento mais cara, todavia costuma ser a preferida para a maioria dos descomissionamentos, em virtude das regulamentações ambientais cada vez mais severas.

As etapas de remoção completa dessas plataformas são:

- a) O corte, onde são identificados os pontos da estrutura e o corte que pode ser feito por cortadores abrasivos ou de diamantes, operados por ROV.

- b) Içamento, onde a estrutura será erguida e colocada em navios ou barcaças;
- c) Carregamento e disposição das seções, nesta etapa a estrutura é rebocada até uma posição preestabelecida.

5.2.5.2. Remoção Parcial

As legislações internacionais somente aprovam a remoção parcial como opção de descomissionamento para grandes estruturas. Segundo a IMO, estruturas deste tipo localizadas em LDA inferior a 75 metros, são consideradas estruturas de pequeno porte.

Deverá existir uma coluna d'água, onde a profundidade mínima é determinada pelas diretrizes da Organização Marítima Internacional (IMO³), essa coluna d'água é de 55 metros entre a superfície de água e a porção remanescente da estrutura, para instalações acima de 75 metros de lamina d'água.

No processo de remoção parcial o primeiro passo é a estrutura de aço ser seccionada, deixando parte de sua estrutura no fundo do oceano. O corte é mais simples do que na remoção completa, pois pode não ser necessário o uso de explosivos, mesmo que este seja utilizado, será em pequenas cargas.

As partes removidas são dispostas em terra para reciclagem, eliminada como refugo, ou podem continuar no local, no solo marinho ao redor da porção remanescente da estrutura, conforme mostra a FIGURA 5.5.

³ IMO – *International Maritime Organization* é a agência das Nações Unidas responsável pela segurança da navegação e a prevenção da poluição marítima causada por navios. Também está envolvida em questões legais, incluindo a responsabilidade e questões de remuneração, e a facilitação do tráfego marítimo internacional.

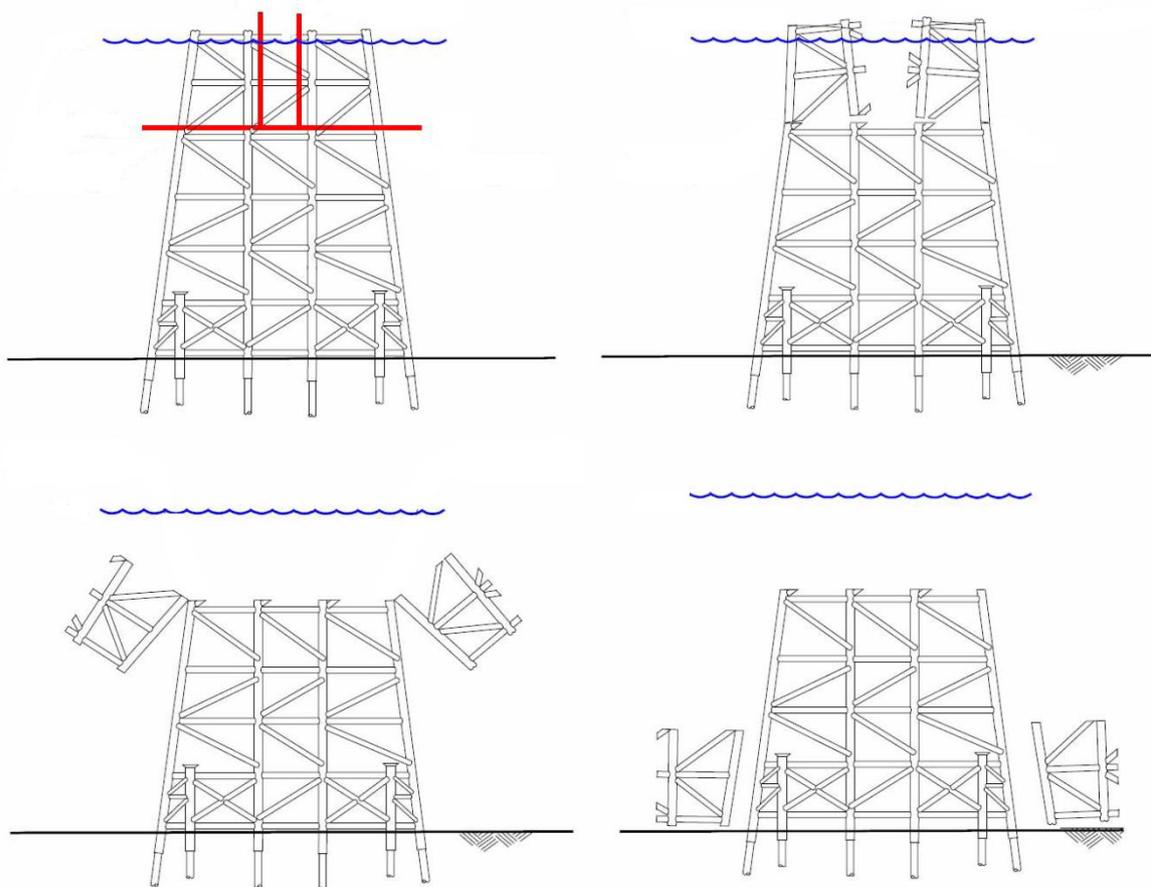


FIGURA 5.5 - Remoção Parcial
Fonte: SILVA, 2008.

A correta identificação dos pontos de corte na estrutura é fundamental, assim como na remoção completa, para o correto planejamento da remoção parcial. Segundo Ruivo (2001), a seleção do melhor ponto pode minimizar a utilização de ferramentas de corte, mergulhadores e ROVs.

Neste processo de remoção as principais vantagens são:

- a) Causa menor dano ao meio ambiente marinho, proporcionando uma permanência do habitat artificial criado pela instalação da estrutura;
- b) Possui menor custo de operação, em relação à remoção completa;
- c) Apresenta benefícios para os pescadores comerciais que não utilizam a rede para pesca;

E dentre as principais desvantagens deste processo estão:

- a) Diminui a segurança para os mergulhadores durante a remoção;
- b) Praticável apenas em laminais d'água suficientes para a liberação;
- c) É necessária a sinalização para a navegação, através de bóias;
- d) Há perda de recursos, uma vez que não há reciclagem de aço da estrutura;
- e) Responsabilidades ligadas à agência reguladora, uma vez que há a necessidade de testes governamentais e perigos a navegação na superfície e na abaixo da mesma;

Vale ressaltar, que há outro entrave para o processo de remoção, os espaços entre os pilares da estrutura treliçada muitas vezes são preenchidos com cimento e a separação destes é de complexidade semelhante a da separação de condutores, onde a separação é feita por meio de explosivos.

Visto que, a IMO estabelece que todas as plataformas que pesam menos de 10 mil toneladas e situadas em LDA (lâmina d'água) inferiores a 75 metros devem ser removidas à costa para a reciclagem ou a eliminação em sua totalidade (RUIVO, 2001), as grandes plataformas de estrutura de aço, que estejam acima da lamina d'água citada podem ser removidas parcialmente, tanto que sejam seccionadas com uma coluna d'água de 55 metros de profundidade, proporcionando uma segurança para a navegação. Porém alguns consideram essas medidas exageradas, pois os principais portos mundiais que recebem grandes embarcações, como os petroleiros, possuem uma coluna d'água livre em torno de 35 metros. Ainda assim, os maiores petroleiros existentes operam com coluna d'água de 26 metros.

5.2.5.3. Tombamento no Local

Este processo de descomissionamento tem como primeiro passo a remoção da planta de processo, que será mais bem detalhada mais a frente no trabalho. Em seguida é feito o tombamento de toda a estrutura no local. Contudo, esta opção é bem complexa, devido ao elevado grau de precisão e controle necessários para a operação.

São utilizados explosivos para, de forma controlada, seccionar os membros críticos da estrutura e, então, o tombamento ocorra, com auxílio de rebocadores e também pelo próprio peso da estrutura (FIGURA 5.6).

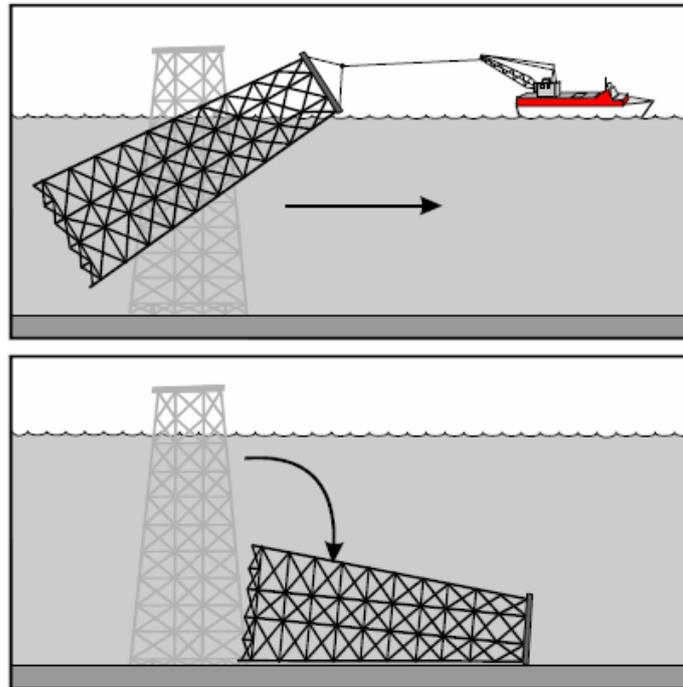


FIGURA 5.6 - Tombamento no local
Fonte: SILVA, 2008.

Esse descomissionamento tem como benefícios, o baixo custo em relação às opções já mencionadas, a estrutura disposta no fundo do oceano, atuando como um *habitat* para a vida marinha e vantagens para a pesca comercial sem redes.

5.2.5.4. Reutilização

Como já visto, muitas plataformas precisam ser descomissionadas mesmo antes do final de sua vida útil, é neste caso que ocorre a o processo de reutilização. Entretanto, o uso desta opção é bem limitado, devido a estas estruturas serem muito específicas quanto a sua filosofia de projeto, quanto a restrições de lamina d'água, critérios ambientais e condições do solo para instalação, limites de resistência à fadiga e corrosão.

Contudo, há alguns casos de reutilização, o primeiro aconteceu em 1967 (RUIVO, 2001). E no Golfo do México esta opção foi muito utilizada durante os anos 70. Já nos anos 80 a reutilização de plataformas descomissionadas aumentou junto com o crescimento de pequenas operadoras independentes e com o desenvolvimento de campos de petróleo e gás menos, de curto tempo de uso (RUIVO, 2001).

Atualmente, para o crescimento de reutilização de plataformas fixas de aço, depende-se do desenvolvimento dos equipamentos utilizados para remoção, transporte, e reinstalação.

5.2.5.5. Deixar no Local

Esta opção nada mais é do que uma utilização alternativa para a plataforma instalada. A utilização alternativa não afeta a vida marinha, ao mesmo tempo em que mantém um habitat artificial, também não possui custos imediatos, porém, requer custos posteriores com eventuais manutenções na estrutura. Mesmo que haja riscos de colisões com outras embarcações, a estrutura permanecerá visível e no mesmo local onde foi instalada.

A principal desvantagem deste processo talvez seja, ainda que não ocorra uma necessidade de remoção imediata, esta medida deverá ser feita em longo prazo, devido ao

aumento dos custos e riscos na integridade da estrutura. Além de ser necessária a alteração nos regulamentos e legislações existentes.

Com a preocupação existente sobre a segurança do meio ambiente marinho, ambientalistas e alguns setores da sociedade optam por deixar as plataformas no local. Todavia, em virtudes das implicações, como quem seria o responsável pela manutenção destas estruturas, eventuais acidentes, colisões e outros possíveis danos, as legislações internacionais não preferem a opção de deixar no local. Exceto nos casos de utilização citados abaixo:

- a) Recifes artificiais;
- b) Centros de pesquisa;
- c) Local de eco-turismo;
- d) Cultivo marinho;
- e) Base de lançamento de foguetes, viável apenas para estruturas localizadas próxima a Linha do Equador;
- f) Base para fontes alternativas de energia, como por exemplo, a energia eólica;
- g) Local de pesca esportiva;
- h) Presídios.

O recife artificial é a solução que melhor se enquadra tanto para os interesses econômicos quanto para os aspectos ambientais. Com as legislações cada vez mais severas, os recifes artificiais tendo sido a melhor opção de descomissionamento. Os recifes artificiais podem ser descritos como qualquer estrutura alocada pelo homem no meio ambiente marinho, que se sujeita as mesmas condições ambientais (RUIVO, 2001).

5.3. ETAPAS DO DESCOMISSIONAMENTO

Mesmo diante dos diferentes métodos para o processo de descomissionamento segundo a sua estrutura, é possível estabelecer as etapas básicas comum para qualquer processo a ser desenvolvido.

Por fim, em um processo de descomissionamento de sistemas offshore, as principais etapas são:

- a) Planejamento e Gerenciamento do Projeto;
- b) Mobilização de Navios para a Operação;
- c) Tamponamento e Abandono de Poços;
- d) Preparação da Plataforma para Remoção;
- e) Remoção Estrutural;
- f) Disposição de Resíduos;
- g) Limpeza do Local;
- h) Verificação.

Embora algumas das operações apresentadas (remoção estrutural; transporte, disposição; limpeza do local e verificação) variem sensivelmente conforme a opção de descomissionamento escolhida, as demais permanecem praticamente as mesmas, independentemente da opção selecionada (BYRD E VELAZQUEZ, 2001).

5.3.1. Planejamento e Gerenciamento do Projeto

A primeira etapa do processo, planejamento e gerenciamento do projeto, começa, normalmente, dois ou três anos antes do processo de descomissionamento. Esta etapa pode

reduzir significativamente os custos do processo, uma vez que faz o planejamento prévio de todas as operações envolvidas no descomissionamento.

Consiste em, tratar de questões como a obtenção de permissões legais junto aos órgãos governamentais e ambientais, além das questões técnicas e contratuais. É feita também a previsão dos serviços temporários bem como a metodologia das operações, equipamentos e materiais utilizados em todo o processo de descomissionamento.

5.3.2. Mobilização de Navios para a Operação

Esta segunda etapa envolve a definição dos navios que serão utilizados para o içamento e o transporte tanto da estrutura quanto os módulos da plataforma, até o local, já definido, para reciclagem ou disposição como refugo.

Para que esta operação ocorra é necessária a utilização de navios guindastes, normalmente, estes navios têm capacidade de elevação em torno de 14000 toneladas. Para o transporte das estruturas é utilizado navios *Heavy Lift* ou barcaças.

5.3.3. Tamponamento dos Poços

Esta é a etapa preliminar no processo de descomissionamento de um sistema offshore. Para assegurar não só o perfeito isolamento das zonas de produção de petróleo e gás, como também dos aquíferos existentes, deve ser feito um procedimento eficaz de tamponamento e abandono dos poços.

Com isso, é prevenida a migração dos fluídos entre as formações do poço, ou espaços entre o poço e o revestimento e a migração de fluídos até a superfície do terreno ou o fundo do mar.

O processo de tamponamento é iniciado, segundo Silva (2008), com a revisão do projeto do poço juntamente com os registros de intervenções prévias, condições geológicas e de reservatório. Devem ser analisados todos os aspectos de segurança e exigências legislativas.

O objetivo desta etapa é tornar o poço seguro quanto a futuros vazamentos e preservar os recursos naturais remanescentes. No abandono permanente de poço, a operadora deve remover do local todos os equipamentos de poços instalados acima do solo marinho.

5.3.4. Preparação da Plataforma para a Remoção

Segundo Ruivo (2001), consiste nas atividades referentes à segurança e preparação da instalação para a opção de descomissionamento.

O primeiro passo, de preparação para a remoção da plataforma, é inspecionar a mesma determinando a sua condição estrutural. Para lâminas d'água pequenas é utilizado mergulhadores enquanto em LDA superiores a 900 metros, utiliza-se o ROV para a inspeção na parte submersa da plataforma.

É nesta etapa que ocorre também à limpeza dos equipamentos do topsides e da estrutura. É feita a limpeza de todas as tubulações e equipamentos que contenham hidrocarbonetos e eventuais substâncias tóxicas.

5.3.5. Remoção Estrutural

É a etapa onde é feita a remoção da plataforma em si, bem como seus subsistemas. Esta remoção pode ser feita de diversas maneiras como já foi dito anteriormente no 5.2.5.1

e 5.2.5.2. Contudo, é necessário ressaltar que nem sempre é feita essa remoção. Quando, por exemplo, a opção de descomissionamento seja a utilização alternativa.

5.3.6. Descarte de Resíduos

Os materiais geralmente removidos e descartados são: aço processado, cimento e lama de perfuração. Há basicamente três métodos de disposição: refugo para disposição em locais previamente estabelecidos, reciclagem e reutilização (RUIVO, 2001). Para a aplicação desses três métodos depende de fatores legislativos, intensidade, estrutura da plataforma e desenvolvimentos adicionais na região de produção.

5.3.7. Limpeza do Local

Esta é a última etapa no processo de descomissionamento offshore. Tem por função eliminar os impactos causados à região. Esta limpeza pode ser dividida em três fases:

- a) Reconhecimento do local;
- b) Avaliação e limpeza;
- c) Retirada de resíduos.

Há de ressaltar, que as quantidades de resíduos associados a um local offshore frequentemente não são resultados de um descarte intencional. Estes podem ser atribuídos às perdas acidentais associadas a atividades de rotina, algumas das quais não estão diretamente relacionadas com a operação da instalação.

Há vários tipos de resíduos que acumulados juntamente com a lama, os fragmentos de rochas e o cimento descarregados durante as operações de perfuração podem alcançar

uma espessura de 5 a 6 metros acima do solo marinho original. A tabela a seguir detalha os tipos de resíduos e seus efeitos no ambiente.

TABELA 5.1 – TIPOS E CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

INERTES	NÃO- PERIGOSOS	PUTRECÍVEL	DANOSOS
Concreto	Plástico	Madeira	Asbestos
Cobre	Borracha		PCB
Chumbo			Óleos Residuais
Lã mineral			Sludges
Aço Inoxidável			
Aço			
Zinco			

Fonte: RUIVO, 2001.

Segundo Silva (2008), salvo alguns casos, a perda desse material no mar é considerada normal. Desta maneira, a sua recuperação não é vista como necessária. O resgate desses fragmentos não é economicamente viável e, geralmente, não representa risco nem agrega valor adicional algum à estrutura enquanto esta permanece no local. Em alguns casos, os resíduos podem, até mesmo, incrementar o *habitat* artificial associado à estrutura.

Entretanto, em alguns casos, quando a estrutura tiver que ser removida, a legislação vigente determina que todo local afetado pelas operações da plataforma devem ser limpos, retirando os possíveis materiais nocivos ao ambiente, de forma a eliminar ou reduzir os danos.

A limpeza de um local *offshore* pode parecer uma tarefa simples, porém para se atingir os padrões de limpeza especificados nas normas, esta tarefa torna-se bastante complexa. De forma que podemos considerar a etapa de limpeza como principal parte do esforço durante o descomissionamento.

Em laminais d'água pequenas, inferior a 90 metros, depois da remoção de limpeza o método comumente utilizado para a limpeza do local é a pesca arrastão com redes. É utilizado redes especiais, mais resistentes, que são arrastadas no solo marinho de maneira a fornecer a cobertura de 100% da área de limpeza, em torno de 90°.

A operação de limpeza é baseada nas características específicas do local, devido a eficácia dos métodos estarem ligados aos esforços necessários na localização, avaliação e resolução dos problemas, associados aos resíduos e aos distúrbios no solo marinho, além da duração das operações realizadas pela plataforma e frequência de certas atividades associadas com a operação de instalação da mesma.

5.3.8. Verificação

Fase em que é testada a área que foi submetida às operações de limpeza, de forma a garantir as melhores condições desta para futuros usuários.

Há três maneiras de efetuar a verificação:

- a) GPS;
- b) Rastreador acústico;
- c) Sonar.

A navegação por GPS é utilizada para encontrar exatamente a localização de possíveis saliências no solo. Uma vez encontradas são analisadas e removidas. Esse processo consiste em uma rede densa que faz uma varredura e normalmente é utilizada em águas rasas e em perímetros de 300 metros.

No caso de rastreadores acústicos o procedimento focaliza áreas potencialmente problemáticas. Consiste no uso de redes em águas profundas e devido a essa profundidade há uma dificuldade no posicionamento, em função das características da rede. Com isso, são instalados os rastreadores acústicos que asseguram a localização precisa dos resíduos.

Entretanto, quando as características do local não comportam o procedimento de arrastão, o método mais apropriado para a verificação é um exame com um sonar de varredura após a limpeza. Em seguida, é feita a comparação de dados fornecendo uma análise detalhada do procedimento. Este método é eficiente quanto à documentação da condição final do local.

CAPÍTULO 6 CONCLUSÃO

Tendo em vista os principais processos aos quais as plataformas *offshore* estão submetidas e a sua importância tanto na exploração do petróleo quanto na economia de uma região, se faz necessário um maior estudo sobre técnicas de descomissionamento, viáveis tanto economicamente quanto para o meio ambiente.

Os processos de construção são decisórios para as outras etapas de vida útil da plataforma, sendo assim, a construção tem que ser elaborada cuidadosamente nos aspectos como material, corrosão, soldagem, entre outros, pois estes não são só importantes para um bom funcionamento e conseqüente extensão da vida útil, mas também influenciam no descomissionamento das plataformas.

As técnicas utilizadas para instalação das unidades *offshore* devem ser realizadas de forma minuciosa, de forma a não agredir ao meio ambiente marinho e o funcionamento da mesma no processo de exploração e produção do petróleo. O processo de instalação é de grande importância visto que a maioria das desativações e posterior descomissionamento consiste no processo de instalação ao contrário.

Contudo, para o desenvolvimento das etapas de construção, instalação e desativação de uma plataforma é necessário uma equipe multidisciplinar, capaz de compreender e debater as questões tecnológicas e operacionais inerentes aos estudos destes processos.

Todavia, as legislações acerca das conseqüências das instalações offshore, estão cada vez mais severas. Desta forma, as empresas de exploração de petróleo buscam cada vez mais soluções e técnicas viáveis economicamente e que obedeçam a estas legislações vigentes.

É importante ressaltar que os danos ao meio ambiente marinho, provocados pelas plataformas, devem ser reparados, não apenas por causa das leis vigentes, mas por todos os outros usuários. De forma a não prejudicar as outras atividades da região, como a pesca, a navegação e o ecoturismo. Assim como a exploração do petróleo trouxe desenvolvimento e

lucros para a região, o processo de descomissionamento deve ser desenvolvido de igual forma.

Por fim, independente da opção a ser adotada, o planejamento para o processo de descomissionamento tem que começar antes mesmo da construção das plataformas offshore.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMS, A. **The Ultimate Moving: Troll A Gas Platform**. Disponível em < <http://www.worldsstrangest.com> > Acessado em 29 de Novembro de 2010.

ALONSO, **Sistemas de Produção Offshore**. Rio de Janeiro: PUC, 2010.

BAESSO FILHO, F.G., **Plataformas de Petróleo Onshore e Offshore: Um Descritivo Estrutural**. Rio de Janeiro: Faculdade Estácio de Sá, 2010.

BYRD, R.C.; VELAZQUEZ, E.R. **State of art of removing large platforms located in deep water**. Texas: Offshore Technology Conference, 2001.

BRITTO, G.A., *Heavy Lift Transport: Navios que Transportam Navios*. Revista Passadiço, 2006.

BRITTON, J.N.; BAXTER, R.E., **Corrosion Control Methods for Deep Water Floating Production Equipment**. Disponível em < <http://www.stoprust.com/2corrosioncontrol.htm> > Acessado em 29 de Novembro de 2010.

CHAKRABARTI, S.K., **Handbook Of Offshore Engineering: Offshore Structure Analysis, Inc**. Volume 1. Plainfield, Illinois, USA, 2005.

CLÍMACO, F. **Jaqueta da plataforma de Mexilhão segue hoje para Bacia de Campos**. Disponível em < <http://escadaedesevolvimento.wordpress.com/2009/11/page/2/> > Acessado em 12 de Dezembro de 2010.

EMBRAER S/A, **Projetos de Estruturas Marítimas**. Departamento de Estruturas e Fundações, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

FAIRLEY, P.; **Wind Power Mores into Deep Waters: A floating Wind Turbine is planned for 10 Kilometers Off Norway**. Disponível em < http://www.technologyreview.com/files/17476/hywind_x220.jpg > Acessado em 7 de Dezembro de 2010.

FERREIRA, D.F. **Anticipating impacts of financial assurance requirements for offshore decommissioning: a decision model for the oil industry.** Tese de Doutorado em Ciências. Campinas: Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade de Campinas (UNICAMP), 2003.

GROVE, M.A., **Sistema de Posicionamento Híbrido para FPSOs.** Tese de Mestrado em Engenharia Oceânica. Rio de Janeiro: Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2005.

HUNTLEY, M.; TULE, J.; FULTON, T.; **Polyester mooring for Red Hawk among first in GoM.** Disponível em < www.offshore-mag.com > Acessado em 29 de Novembro de 2010.

IMO, **The International Maritime Organization, Guidelines and Standards for the Removal of Offshore Installations and Structures on the Continental Shelf (IMO Guidelines)**, 1989.

MEDEIROS, A.R., **Ancoragem e Fundação Offshore.** Mestrado, Análise e Projetos de Estruturas Offshore I. Rio de Janeiro: Curso de Mestrado do Programa de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2009.

MURRAY, J. **Floating Production Advances: New spar design takes on the Arctic** Disponível em < <http://www.epmag.com/Magazine/2008/9/item8296.php> > Acessado em 8 de Dezembro de 2010.

PROJECT CONSULTING SERVICE, **Overall Project Scope.** Disponível em < <http://www.projectconsulting.com/images/projects/img50.jpg> > Acessado em 7 de Dezembro de 2010.

REYS, M.T. **Edificação.** Disciplina de Construção Naval II. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2007.

RUIVO, F.M. **Descomissionamento de Sistemas de Produção Offshore**. Dissertação, Mestrado em Ciências e Engenharia de Petróleo. Campinas: Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Petróleo, Universidade de Campinas (UNICAMP), 2001.

SILVA, R.S.L., **Descomissionamento de Sistemas de Produção Offshore de Petróleo: O Exemplo de Aberdeen para as Cidades Petrolíferas Brasileiras**. Dissertação, Especialização em Engenharia de Petróleo e Gás Natural. Niterói: Universidade Federal Fluminense (UFF), 2008.

SILVA, R.S.L. E MAINIER F.B., **Descomissionamento de Sistemas de Produção Offshore de Petróleo**. Niterói: IV Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2008.

TECHINIP, **Floater Product Line Why a Spar**, 2004.