

**MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE**

DAYANE BARROS DA SILVA

**OPERAÇÕES E ANÁLISES DE RISCO DE NAVIOS ESPECIAIS
POSICIONADOS DINAMICAMENTE**

**RIO DE JANEIRO
2015**

DAYANE BARROS DA SILVA

**OPERAÇÕES E ANÁLISES DE RISCO DE NAVIOS ESPECIAIS
POSICIONADOS DINAMICAMENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: Hermann Regazzi Gerk,
Engenheiro Químico especialista em
Mecânica dos Fluidos.

**RIO DE JANEIRO
2015**

DAYANE BARROS DA SILVA

**OPERAÇÕES E ANÁLISES DE RISCO DE NAVIOS ESPECIAIS
POSICIONADOS DINAMICAMENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador: Hermann Regazzi Gerck

Engenheiro Químico especialista em Mecânica dos Fluidos.

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente minha mãe, minha avó, minha irmã e meu padrasto por terem me dado suporte antes e durante minha formação, meu namorado que me ajudou, desde o momento que o conheci, em todos os momentos dentro e fora da instituição, meus melhores amigos que sempre compreenderam meu afastamento perante minha formação e os amigos que conheci na EFOMM, que em especial fizeram parte de um período muito importante da minha vida. A eles agradeço pelo apoio e incentivo durante minha formação na Escola e a construção da minha personalidade a qual me fará uma excelente profissional. Um agradecimento especial ao mestre Hermann Regazzi Gerk, pela atenção e por ter me mostrado a direção para um bom desenvolvimento deste trabalho.

“The greatest enemy of knowledge is not ignorance; it is the illusion of knowledge.”

(Stephen Hawking)

RESUMO

O Sistema de Posicionamento Dinâmico encontrado a bordo das unidades marítimas é um dos principais sistemas utilizados a bordo pelo DPO – Operador de Posicionamento Dinâmico. Como “Sistema de Referência” para as plataformas dotadas de posicionamento dinâmico, contribuem imensamente para manutenção da posição. Dessa forma, consegue-se manter a plataforma devidamente posicionada de modo a facilitar às operações de perfuração, monitorar os ângulos dos *risers*, acompanhar o BOP, navegar em relação ao fundo do mar e ao poço em que se encontra, plotar obstáculos, medir distâncias, marcações, orientar o ROV, e se inteirar com todos os dados essenciais às operações tais como obter a profundidade local, temperatura, salinidade, dentre outros parâmetros. Além disso, numa emergência ou até mesmo eventual abandono da unidade, este sistema pode ser utilizado em último caso ou de acordo com a necessidade, a fim de isolar o poço e proteger os tripulantes contra gases, *kick*¹ ou *blowout*. Para que as operações com embarcações DP tenham uma maior probabilidade de serem bem sucedidas, a LRC – Lloyd’s Register Consulting - desenvolveu uma análise de risco que foi estudada e com isso estabeleceu-se alguns limites de segurança e porcentagens de risco, avaliando risco de desconexão de emergência, *blowouts* e danos ao meio ambiente. Assim sendo, o DPO a bordo das Unidades Marítimas tem que se familiarizar e ter conhecimento cada vez mais a respeito, tendo em vista que são sistemas obrigatórios. Sistema este que proporciona redundância para Posicionamento Dinâmico propiciando ter outro sistema de referência operado com princípio de operação diferente, aumentando assim, a segurança da embarcação, tripulantes e meio ambiente. Este trabalho apresenta os princípios de análise de risco de operações de DP, derivação de uma frequência específica de falha de DP para o navio, para o estabelecimento de um modelo de risco de um caso específico. Os princípios de análise de risco DP são exemplificados por meio de estudos de casos selecionados.

Palavras-chave: Sistema de Referência. Emergência. Operações de perfuração. Redundância. *Blowout*.

¹ Fluxo do fluido da formação para o interior do poço. Ocorre devido a pressão no poço se tornar menor que na formação.

ABSTRACT

The Dynamic Positioning System found on board the maritime units, is a leading systems used on board the DPO - Dynamic Positioning Operator. "Reference System" for platforms with dynamic positioning, contributes greatly to maintaining the position. Thus, one can maintain a properly positioned platform to facilitate the drilling operations, monitor the angles of the risers, follow the BOP, navigate relative to the seabed and the well where is, plot obstacles, measure distances , markings, guide the ROV, and get acquainted with all the essential data operations such as getting local depth, temperature, salinity, among other parameters. Furthermore, in an emergency or even eventual abandonment of the unit, this system can be used in the latter case or according to need, in order to isolate the well and protect the crew against gases, *kick* or *blowout*. For operations with DP vessels have a greater chance of being successful, the LRC - Lloyd's Register Consulting - developed a risk analysis that was studied and it was established some limits of safety and risk percentages, assessing risk of disconnection emergency, blowouts and damage to the environment. Therefore, the DPO on board Offshore Units have to be familiar and know more and more about it, considering that systems are required. This system that provides redundancy for Dynamic Positioning providing take another reference system operated with different operating principle, thereby increasing the safety of the vessel, crew and environment. This paper presents the principles for risk analysis of DP operations, from deriving a specific DP failure frequency for the vessel, to establishing a case specific risk model. The principles of DP risk analysis are exemplified through selected case studies.

Keywords: Reference System. Emergency. Drilling operations. Redundancy. *Blowout*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Movimentos de uma embarcação DP	16
Figura 2 – Movimentos não controlados pelo DP	16
Figura 3 – Agulha giroscópica	17
Figura 4 – VRU (<i>Vertical Reference Unit</i>)	18
Figura 5 – Perturbações ionosféricas	20
Figura 6 – Sistema de referência de uma embarcação DP	22
Figura 7 – <i>GPS e DGPS</i>	22
Figura 8 – <i>Taut Wire</i>	23
Figura 9 – Direção do cabo do <i>Taut Wire</i>	23
Figura 10 – ERA (<i>Electric Riser Angle</i>)	24
Figura 11 – Princípio do funcionamento do Artemis	25
Figura 12 – Sistemas de referência de posição	25
Figura 13 – Layout típico de um sistema de propulsão	26
Figura 14 – Diagrama de bloco de um sistema DP	26
Figura 15 – Diagrama Unifilar	28
Figura 16 – PMS (<i>Power Management System</i>)	29
Figura 17 – <i>Tunnel Thruster</i>	31
Figura 18 – Propulsor azimutal	31
Figura 19 – Propulsor VSD	32
Figura 20 – Navio posicionado dinamicamente e seus sistemas	33
Figura 21 – Modos operacionais do DP	36
Figura 22 – Métodos de lançamentos de linhas de navios PLSV	37
Figura 23 – Método S-Lay	38
Figura 24 – Métodos e reparos de linhas	38
Figura 25 – Navio DSV com sino de mergulho	39
Figura 26 – Comparativo de operações de mergulho e ROV (profundidade)	40
Figura 27 – Diagrama da profundidade e extensão do umbilical	41
Figura 28 – ROV	43
Figura 29 – Navio ROV usando diferentes elementos de referência de posição	44

Figura 30 – Flotel conectado a plataforma através da gangway	45
Figura 31 – Movimentos do navio aliviador quando conectado	46
Figura 32 – Aproximação da OLT e círculos de operação	47
Figura 33 – Características operacionais do <i>Shuttle Tanker</i>	48
Figura 34 – Conexão entre FPSO e navio aliviador	49
Figura 35 – Diagrama de bloco da metodologia da análise de risco	53
Figura 36 – Distância dos círculos de segurança de operações de alívio	56
Figura 37 – Flotel conectado à plataforma	58
Figura 38 – Frequências de incidentes com DP (IMCA 2000-2010)	59
Figura 39 – Sonda de perfuração SS e os limites de compensação do DP	61
Figura 40 – Esquema de aproximação pelo <i>lee side</i> da plataforma	62
Figura 41 – Navio posicionado no lado de sombra da plataforma	63
Figura 42 – Esquema de aproximação pelo <i>weather side</i> da plataforma	63
Figura 43 – Derivação do <i>red limit</i> por perda posição	64
Figura 44 – Resultados do <i>red limit</i> e probabilidade cumulativa de falha do EDS em drive-offs	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLA

BOP – Blowout Preventer
DP – Dynamic Positioning
EDS – Emergency Disconnect System
ESD – Emergency Shutdown
FMEA – Failure Mode and Effect Analysis
FTA – Fault Tree Analysis
HEP – Human Error Probability
HIL – Hardware-in-the-loop
HRA – Human Reliability Analysis
HSE – Health and Safety Executive
IMCA – International Marine Contractors Association
LMRP – Lower Marine Riser Package
LRC – Lloyd’s Register Consulting
MODU – Mobile Offshore Drilling Unit
PSA – Petroleum Safety Authority
RBD – Reliability Block Diagram
VSD- Voith Schneider Drive
OLT- Offshore Loading Terminals
DSV - Diving Support Vessel
RSV - Research and Supply Vessel
FPSO – Floating, Production, Storage and Offloading

SUMÁRIO

- 1 INTRODUÇÃO**
- 2 HISTÓRICO**
- 3 CONCEITO DE POSICIONAMENTO DINÂMICO**
- 4 CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO**
 - 4.1 Sistemas de sensores**
 - 4.1.1 Giroscópicos (*Gyrocompass*)
 - 4.1.2 *Vertical Reference Unit* (VRU ou MRU)
 - 4.1.3 Sensores de vento (*wind sensors*)
 - 4.1.4 Sensores de ambiente
 - 4.2 Sistemas de referência de posição**
 - 4.2.1 Sistemas hidroacústicos
- 5 O GPS E AS CINTILAÇÕES IONOSFÉRICAS**
- 6 DIFFERENTIAL GLOBAL POSITIONING SYSTEM (DGPS)**
 - 6.1 *Taut Wire***
 - 6.2 Electric Riser Angle (ERA)**
 - 6.3 Acoustic Riser Angle (ARA)**
- 7 SISTEMAS DE REFERÊNCIA DE POSIÇÃO RELATIVOS**
- 8 OS PRINCIPAIS ELEMENTOS DO SISTEMA DP**
 - 8.1 Geração e propulsão do sistema DP**
 - 8.1.1 Grupos Moto-Geradores Diesel
 - 8.1.2 Sistemas Auxiliares dos Grupos Moto-Geradores
 - 8.1.3 Geradores
 - 8.1.4 Barramento (*bus bar*)
 - 8.1.5 Disjuntores (*breakers*)
 - 8.1.6 Transformadores
 - 8.1.7 Diagrama Unifilar - Sistema de Geração de Energia
 - 8.1.8 Power Management System (PMS)
- 9 SISTEMA DE PROPULSÃO**
 - 9.1 Tipos de propulsores**
 - 9.1.1 Propulsores fixos
 - 9.1.2 *Propulsores azimutais*
 - 9.1.3 *Thrusters de velocidade variável*

9.2 Comando e Feedback dos Thrusters

9.2.1 Diagramas de Capabilidade

9.2.2 *Bias Mode* ou *Thruster Biasing*

10 NÍVEIS DE DP

10.1 Conceito de redundância

10.2 Modos operacionais do DP

11 OPERAÇÕES EM DP

11.1 Navios lançadores de linha (PLSV)

11.1.1 Método J-Lay

11.1.2 Método Reel-Lay

11.1.3 Método S-Lay

11.2 Manutenção e reparo de linhas

11.3 *Research And Supply Vessel* e *Diving Support Vessel*

11.4 Levantamento e embarcações de apoio ROV

11.5 Flotel

11.6 Navios aliviadores

11.7 FLOATING, PRODUCTION, STORAGE and OFFLOADING (FPSO)

12 ANÁLISES DE RISCO

12.1 *Drive-off* e *Drift-off*

12.2 Metodologia de Análise de Risco

12.3 Análise de frequência

12.4 Análise das consequências

- 13 ANÁLISE DE RISCO DE COLISÃO EM DP PARA *SHUTTLE TANKERS***
- 13.1 Estudo de caso**
- 13.2 Frequência da perda de posição**
- 13.3 Consequências da perda de posição**
- 13.4 Resultados**
- 14 ANÁLISE DE RISCO DE COLISÃO DE OPERAÇÕES DE DP PARA FLOTEL**
- 14.1 Estudo de caso**
- 14.2 Análise de frequência**
- 14.3 Consequência da colisão**
- 15 MOBILE OFFSHORE DRILLING UNIT (MODU)**
- 15.1 Estudo de caso**
- 15.2 Modelo de frequência da ocorrência de *Blowout***
- 15.3 Resultados**
- 16 CONSIDERAÇÕES FINAIS**
- REFERÊNCIAS**

1 INTRODUÇÃO

Com a necessidade da indústria de métodos para perfuração em águas profundas e uma maneira mais fácil de mover a atividade de perfuração de lugar, visto que era utilizada a ancoragem em navios, a criação de um sistema que diminuísse os riscos nas operações e minimizasse os movimentos era muito necessário por volta da década de 60. O projeto Mohole que foi primeiro sistema de posicionamento dinâmico utilizado em 1961 em conexão com o projeto americano Mohole.

A finalidade do projeto era perfurar a camada conhecida como Moho. Com a operação bem sucedida, a embarcação CUSS 1 foi capaz de manter a posição com a ajuda de posicionamento dinâmico a uma profundidade de 948 m da La Jolla, Califórnia. Como o sistema que controlava os propulsores era manual, do primeiro navio com algum tipo de sistema DP a bordo, o que o caracterizava por ser uma função muito complicada, viu-se a ideia de desenvolver uma unidade de controle para cuidar disso.

No final dos anos 70, o posicionamento dinâmico tornou-se uma técnica bem estabelecida. Em 1980, o número de navios DP totalizou cerca de 70, enquanto em 1985 o número tinha aumentado para cerca de 150. Atualmente, a grande maioria dos navios possui um sistema de posicionamento dinâmico para que suas operações tais como: instalação e reparo de linhas, completação de poços, suprimentos de plataformas, levantamentos hidrográficos, ancoragem e etc., sejam realizadas com mais precisão e segurança.

Porém, é essencial compreender que o sistema DP simplesmente não envolvem os computadores e outros equipamentos eletrônicos que podem ser fornecidas pelo fabricante do sistema DP. Ele é um sistema todo-navio, que compreende os elementos, mas incluindo a usina de navios, sistema elétrico e o sistema de propulsão. Também para ser incluído neste conceito é o elemento humano.

O elemento humano consiste na resposta rápida e de alta precisão para problemas de falha do sistema DP. Por exemplo, perda de posição por falha de equipamentos, por blackout, quando o sistema de posição é totalmente perdido, os DPO²s, assim conhecidos os operadores desse sistema são um elemento principal e devem ser totalmente competentes através da qualificação pessoal para solucionar problemas como estes sem comprometer as operações.

² Opera o Sistema de Posicionamento Dinâmico. Responsável pelo sistema DP. Função normalmente ocupada pelo oficial de náutica.

2 HISTÓRICO

O uso do primeiro sistema de posicionamento dinâmico ocorreu em 1957 com o Navio Sonda CUSS 1 que possuía 4 propulsores e recebia um sinal de radio de um transmissor colocado no fundo do mar, para manter a posição. Em 1961 o CUSS 1, utilizando o sistema DP fez perfurações em profundidade de 948m, mantendo posição dentro de uma raio de 180m.

A ideia de desenvolver um controle automático para o DP nasceu depois de 1961 com a empresa Shell, lançando o NS Eureka. Com equipamentos automatizados que comandavam os propulsores. Em 1964 foi lançado o NS Caldrill 1, com equipamento similar ao Eureka. Ambos os projetos foram um sucesso. Porem foi em 1977 que Franceses e Americanos batizaram o sistema utilizado como Dynamic Positioning(DP), após o lançamento do SS Uncle John.

Hoje, o DP utiliza ainda o principio básico do CUSS 1 de 1961, porem a explosão da tecnologia(modelos matemáticos avançados, unidades lógicas e inteligência artificial) propicia um sistema muito mais seguro e confiável. O DP é utilizado em operações com navios militares, navios sondas, navios tanques, plataformas, rebocadores, navios sísmicos, MODUs e etc., visando estabelecer segurança das operações marítimas.

3 CONCEITO DE POSICIONAMENTO DINÂMICO

Posicionamento Dinâmico é um sistema hidrodinâmico, necessário para manter a embarcação numa mesma posição e aproamento automático, respondendo às variações e condições ambientais, dentro de limites especificados. Embarcação posicionada dinamicamente, ou simplesmente embarcação DP, significa uma unidade ou uma embarcação

Figura 1: Movimentos de uma embarcação DP.

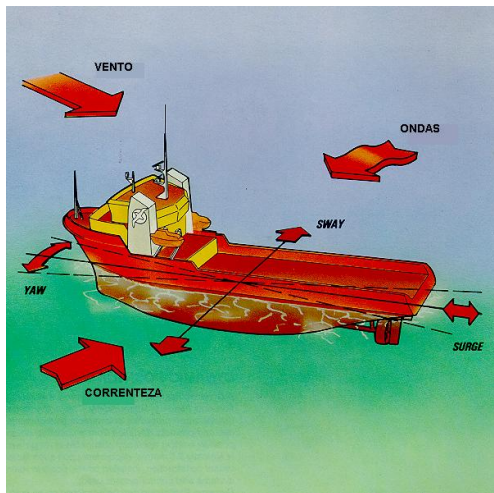
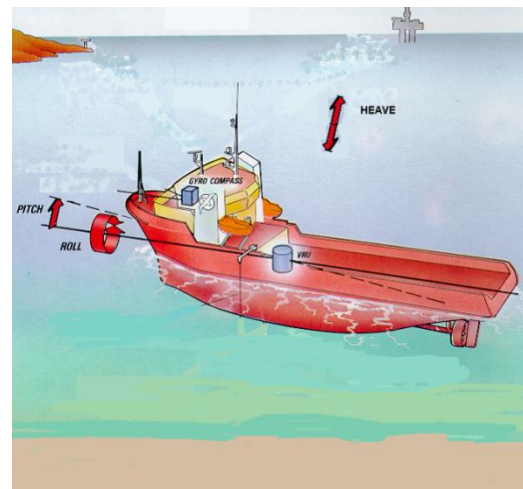


Figura 2: Movimentos não controlados pelo DP.



Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico PETROBRAS/E&P-SERV US-SS/CPSE. DPPS.

que automaticamente mantém sua posição numa locação fixa ou em um determinado rumo exclusivamente pela sua própria propulsão. Em termos simples, um sistema de DP consiste de um processador central ligado a um número de sensores de referência de posição e de referência ambiente. O navio é fornecido com energia suficiente e capacidade de manobra por meio de uma variedade de propulsores e hélices. A posição do navio medido é comparada com a posição do ponto desejado ou um conjunto, os computadores geram então comandos adequados ao propulsor para manter ou restabelecer a posição da embarcação. Efeitos de forças do vento e outras forças ambientais são compensados. Uma console de controle permite que o operador se comunique com o sistema e vice-versa.

É importante perceber que o sistema DP não é somente compreendido em computadores e outros equipamentos eletrônicos que podem ser fornecidas pelo fabricante do sistema. Também para ser incluído neste conceito é o elemento humano. O pessoal de bordo do navio é um elemento essencial do sistema; aqueles identificados como "chave" para a função DP devem ser totalmente competentes.

4 CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA DP

Responsável por determinar a posição atual da embarcação ou sonda, comandando o sistema de propulsão, efetuando as correções necessárias para restabelecer a posição. O sistema é composto basicamente de: sensores, referência de posição, UPS's e controladores.

4.1 Sistemas de sensores

Alimentam diretamente o controlador DP e em alguns casos é responsável pela “orientação” dos Sistemas de Referência de Posição.

4.1.1 Giroscópicos (*Gyrocompass*)

Uma das principais funções do sistema DP é manter o aproamento (“*heading*”) da embarcação conforme pré-estabelecido pelo operador. O conhecimento do *heading* é fundamental para a “*transformação de coordenadas*” (Sistema de Referência de Posição). Uma falha na giroscópica pode facilmente levar a uma perda de posição. Outra função da giroscópica é balizar a orientação automática de antenas como *Inmarsat* e *GPS*.

Figura 3: Agulha giroscópica.



Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico PETROBRAS/E&P-SERV US-SS/CPSE. DPPS.

4.1.2 *Vertical Reference Unit* (VRU ou MRU)

Medem os valores de “*pitch*”, “*roll*” e “*heave*” da embarcação a fim de corrigir os sinais dos Sistemas de Referência de Posição acústicos e DGPS. Podem ser dos tipos: pendular, giroscópica, de acelerômetros e magnética.

Figura 4: VRU (*Vertical Reference Unit*).



Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico PETROBRAS/E&P-SERV US-SS/CPSE. DPPS.

4.1.3 Sensores de vento (*wind sensors*)

O vento é o único que pode ser diretamente medido com um razoável grau de precisão. O vento é o elemento oceano-meteorológico cuja taxa de variação é mais acentuada, tanto no que tange à direção quanto na intensidade (rajadas).

4.1.4 Sensores de ambiente

Os anemômetros medem tanto velocidade quanto direção do vento. É usado para melhorar o controle DP pela alteração na demanda de empuxo. É constituído de um hélice ou conchas para medir a velocidade e uma calda para a direção contendo uma precisão de 0.3m/s para velocidade e 3° para direção.

A influência do vento (principalmente as rajadas) é um fator potencialmente desestabilizante para o posicionamento dinâmico. Utiliza-se um processo de antecipação de reação ao vento (*wind feedforward*). Esse método garante que mudanças bruscas no vento sejam prontamente levadas em conta pelo Sistema.

4.2 Sistemas de referência de posição

4.2.1 Sistemas hidroacústicos

A distância entre um par emissor/receptor pode ser determinada pelo tempo de propagação do pulso. O processador do sistema acústico efetua uma correção nos sinais recebidos de forma a compensar os efeitos de roll e pitch. O sistema hidroacústico é composto de: *beacons*, *transponders*, hidrofones, *transducers* e processador; E os principais fabricantes de sistemas hidroacústicos são: *Nautronix (ex-Honeywell)*; *Sonardyne*; *Simrad*.

Os fatores que afetam os sistemas hidroacústicos são: a *potência dos transmissores*, as *perdas durante a propagação do sinal* (espalhamento, absorção, difusão, atenuação), a *reflexão e refração*, a *distância* (lâmina d'água) e as *características do meio de propagação*.

5 O GPS E AS CINTILAÇÕES IONOSFÉRICAS

Primeiramente, para um bom entendimento de DGPS é necessário compreender as principais características do sistema GPS, que são a constelação de 24 satélites, órbita circular a aproximadamente 20.000km de altitude (mais de três vezes o raio da Terra) e o número total de satélites “visíveis” varia de quatro (número mínimo) até 10 (maior precisão). Já os fatores que influenciam na precisão das coordenadas determinadas são: geometria dos satélites, erros orbitais, atmosfera (cintilações), *Selective Availability (SA)* – Adulteração proposital dos códigos.

Com o avanço tecnológico e o lançamento dos satélites GPS, houve um ganho extraordinário ao sistema DP, contudo as atividades solares ganharam grande importância nesse cenário, podendo afetar diretamente a perfuração de poços petrolíferos nos oceanos por influenciar o sistema DP das plataformas. A cintilação ionosférica é uma flutuação ou variação rápida de amplitude e fase dos sinais de ondas de rádio (utilizadas pelos satélites), e ocorre quando estes sinais encontram em sua trajetória irregularidades ionosféricas ou bolhas de plasma.

As bolhas são geradas no equador magnético após o pôr do sol devido às instabilidades do plasma ionosférico. Elas tendem a se mover para o alto e ao longo das linhas do campo magnético, atingindo cerca de 20 graus de latitude norte e latitude sul, afetando consideravelmente a exploração de petróleo nas bacias de Santos e Campos, localizadas no Brasil. As irregularidades na densidade de elétrons da ionosfera são em função da localização (latitude e longitude), data, horário, nível de atividade solar, e nível de atividade geomagnética.

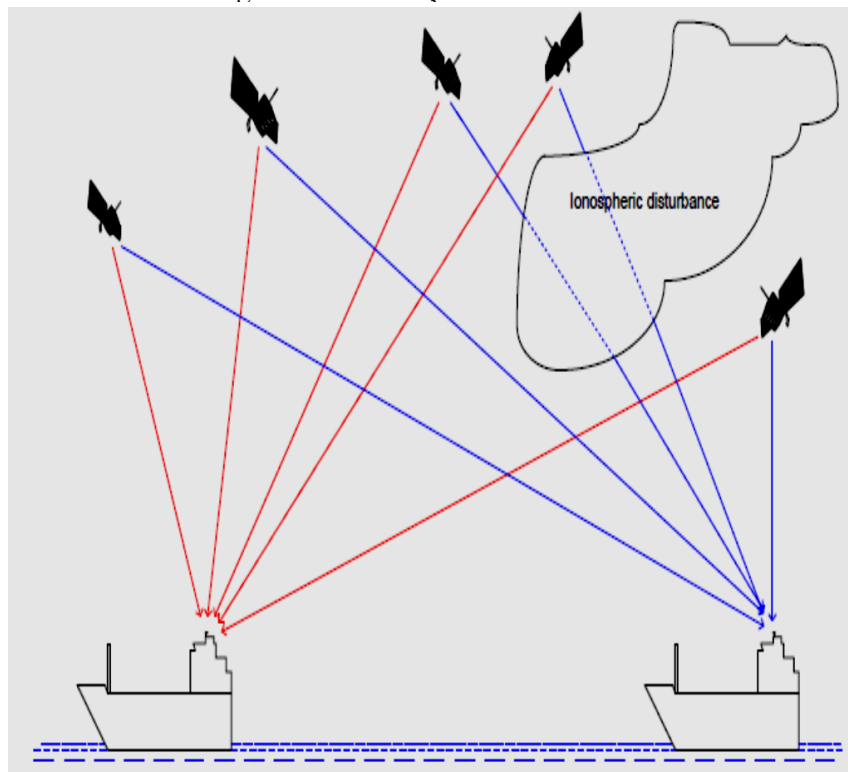
O DPO deve atentar para a ocorrência de frequentes períodos de cintilação entre Setembro (equinócio de primavera) a Março (equinócio de outono), próxima a região equatorial (cerca de 20 graus ao longo do equador magnético). Uma maneira de reconhecer a ocorrência de cintilação ionosférica é observar a flutuação dos sinais dos satélites GPS logo após o por do Sol podendo-se estender até meia-noite (horário de Brasília).

Os efeitos da cintilação são mais acentuados nos anos de maior atividade solar, como aconteceu em 2000 e como está para acontecer em 2012/2013 conforme estudos da agência federal norte americana (NOAA) representada pelo gráfico do ciclo solar e progressão de manchas solares, visto anteriormente. Atualmente existem dois sistemas fazendo parte do

GNSS, o *GPS* (norte americano) e o *GLONASS* (semelhante ao primeiro, oriundo da Rússia). Existem outros dois sistemas de satélites em desenvolvimento, o *Galileo* (Europeu) e o *Beidou* (Chinês), também conhecido como *Compass*.

Tanto o GPS quanto o Glonass servem como Sistemas de Posição e Referência (SPR) ao DP que em conjunto com outros SPR e vários equipamentos, tais como as agulhas giroscópicas, sensores de vento, sensores de calado, *thrusters* e MRU (Motion Relative Units), estão sob o controle e monitoramento do DPO que é responsável por manter a plataforma na posição ao perfurar um poço de petróleo ou navegar para outro destino.

Figura 5: Perturbações ionosféricas.

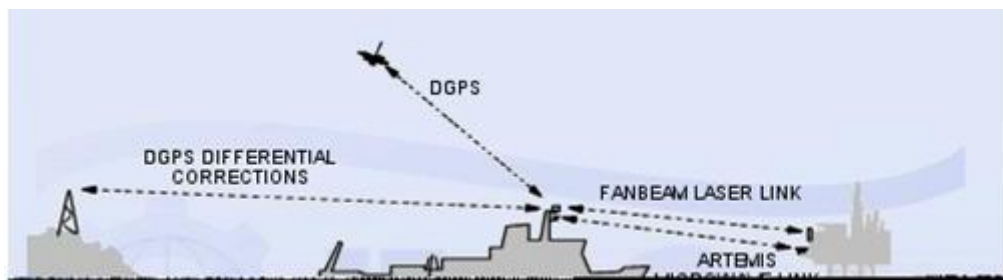


Fonte: Kongsberg Maritime. APOS LBL and MULBL Course. Training Manual. Rio de Janeiro. 2005.

6 DGPS (DIFFERENTIAL GLOBAL POSITIONING SYSTEM)

A técnica de posicionamento por satélite começou a ser utilizada com fins exclusivamente militares na final dos anos 80, desenvolvida pela NASA em colaboração com o Departamento de Defesa dos EUA e OTAN. O objetivo do DGPS é aumentar a precisão do sistema GPS liberado para uso civil de forma a atender atividades onde a alta resolução das coordenadas é fundamental. Estabelece estações receptoras fixas cujas coordenadas são bem conhecidas. As estações recebem os sinais do GPS, calculam imediatamente o *erro embutido na degradação imposta às coordenadas* e o transmitem instantaneamente às estações móveis usuárias do sistema (sondas, navios, etc) onde é assumido como correção. A transmissão da correção é enviada via rádio (IALA e UHF) ou via satélite (*Inmarsat* e/ou *Spotbeam*).

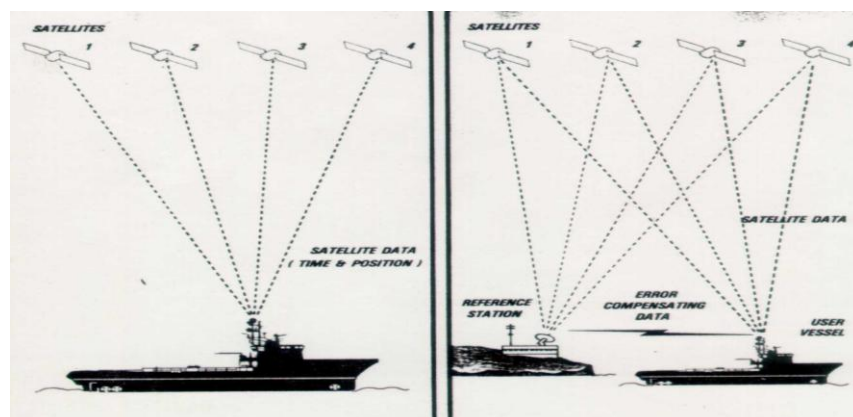
Figura 6: Sistema de referência de uma embarcação DP.



Fonte:IMCA.

A resolução obtida é da ordem de 2 a 5 m dentro da área onde é válida essa correção com grau aceitável de precisão (até cerca de 2.000 km da estação). Implantado nas sondas DP a serviço da PETROBRAS a partir do final de 92, o DGPS revelou-se eficiente graças à precisão, clareza e confiabilidade. O input do DGPS, enviado pelo processador ao

Figura 7: GPS e DGPS.



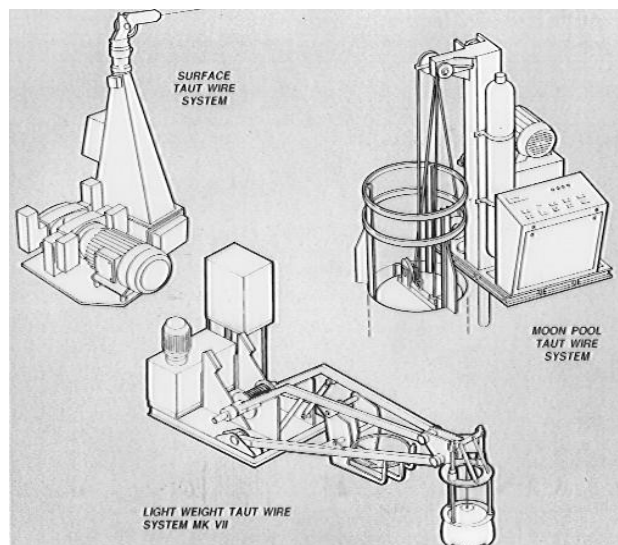
Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico PETROBRAS/E&P-SERV US-SS/CPSE. DPPS.

controlador DP, é corrigido com as informações recebidas do *Giroscópio* e da “VRU”.

6.1 Taut Wire

O sistema consiste de uma âncora pesada ou poita (cerca de 500kg), de uma tensão constante (± 250 lb), de um *Guimbal* com sensor eletromecânico (compensação de *roll* e *pitch*) e de dois inclinômetros medem os ângulos do cabo em relação aos eixos longitudinal “X” e transversal “Y” da Unidade.

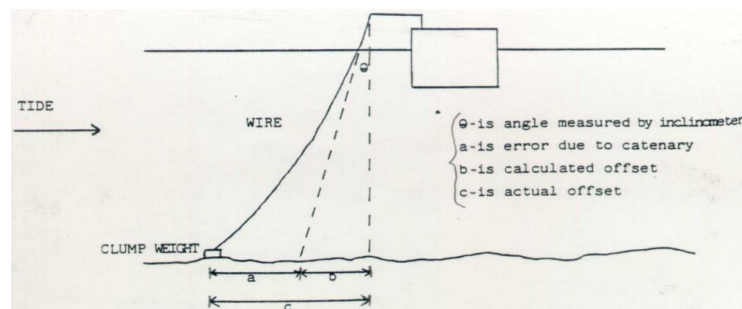
Figura 8: *Taut Wire*.



Fonte: MAERSK DP Training Manual. 2013.

Suas principais limitações são: precisão em lâmina d’água até 300 m; limitação de ângulo máximo de operação para o *Taut Wire* (da ordem de 30° , o que corresponde a um *offset* ou afastamento da sonda de 60 %); e limitação referente a deslocamentos da Unidade na direção do cabo do *Taut Wire*, fazendo com que o mesmo “passe para baixo do casco” (dano ao cabo).

Figura 9: Direção do cabo do *Taut Wire*.

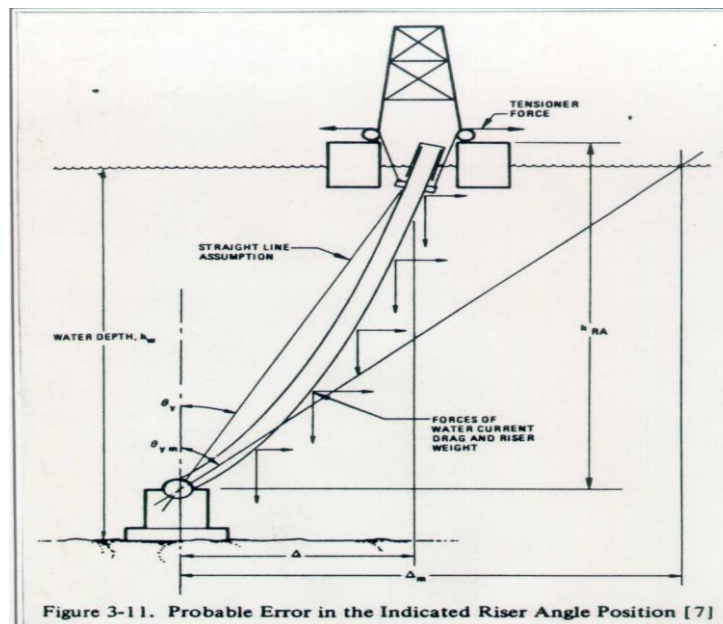


Fonte: MAERSK DP Training Manual. 2013.

6.2 Electric Riser³ Angle (ERA)

Sua função é medir a inclinação da *Ball/Uniflex Joint*. Constitui-se em parâmetro fundamental para balizar os limites operacionais da Unidade, inclusive como critério desde a entrada no Estado Degradado até eventual desconexão de emergência; o conhecimento desse ângulo possibilita efetuar correções na superfície de modo a não extrapolar os limites de compensação dos equipamentos acoplados à cabeça do poço.

Figura 10: ERA (*Electric Riser Angle*).



Fonte: MAERSK DP Training Manual. 2013.

6.3 Acoustic Riser Angle (ARA)

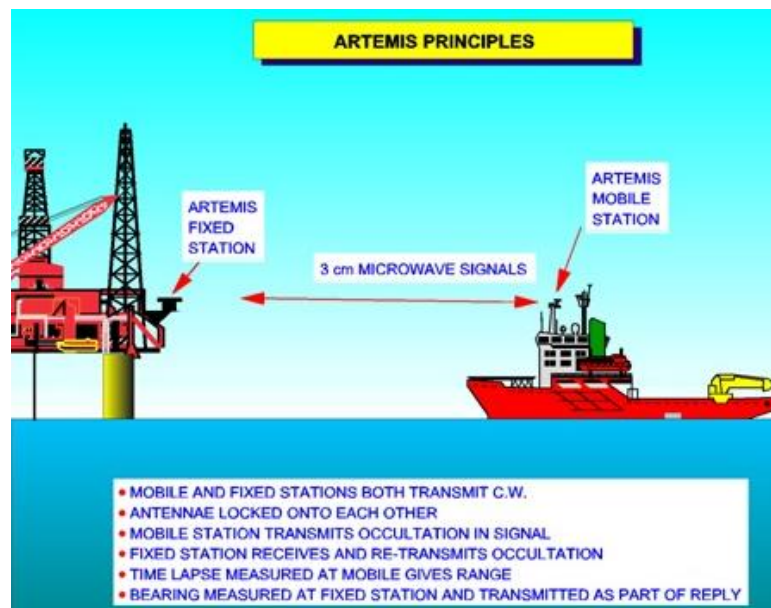
Sua função é a mesma do “ERA”, qual seja medir a inclinação da “Ball/Uniflex Joint”, porém em geral tem menor precisão. Existem 2 inclinômetros perpendiculares no interior do módulo cuja leitura é transmitida para a superfície codificada .

³ Tubos flexíveis com conexões especiais que se estendem desde uma sonda instalada até o fundo do mar, onde o equipamento de segurança está instalado. Serve pra guiar a coluna de perfuração da unidade ao poço e trazer à superfície o fluido de perfuração com os cascalhos perfurados pela broca.

7 SISTEMAS DE REFERÊNCIA DE POSIÇÃO RELATIVOS

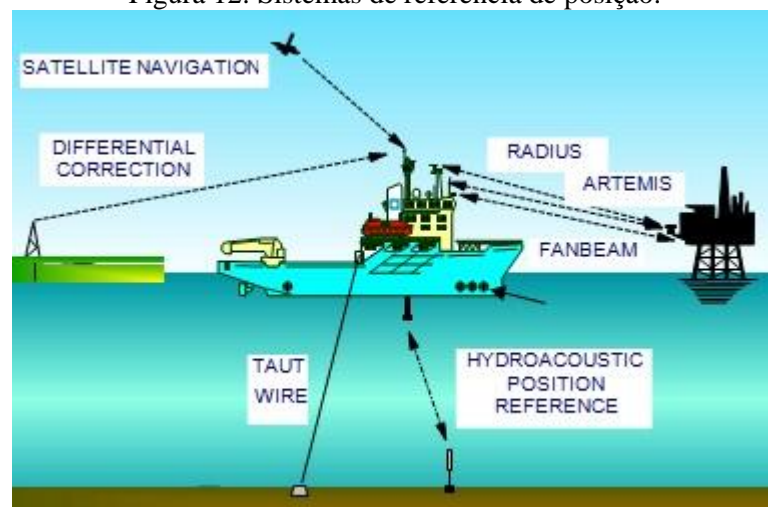
Posicionamento em relação a sistemas recíprocos instalados em unidades móveis (terminais), com “offsets” corrigidos para um referencial comum pré-estabelecido no sistema DP do aliviador (*Offloading Point*). São eles: DARPS (*Differential Absolute and Relative Positioning System*), combinação (*GPS* + “link” *UHF* entre estações); FANBEAM (sistema óptico laser infravermelho); e ARTEMIS (“link” de microondas entre as estações).

Figura 11: Princípio do funcionamento do Artemis.



Fonte: MAERSK DP Training Manual. 2013.

Figura 12: Sistemas de referência de posição.

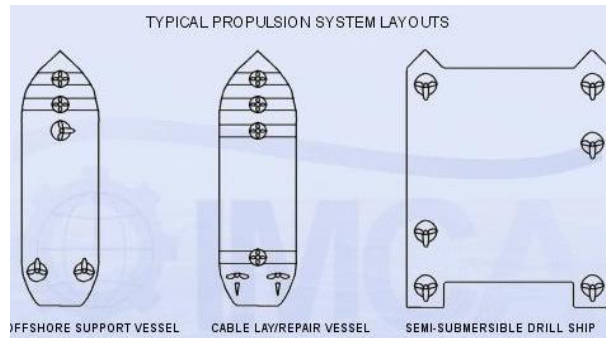


Fonte: MAERSK DP Training Manual. 2013.

8 OS PRINCIPAIS ELEMENTOS DO SISTEMA DP

De acordo com a IMO⁴, o sistema de DP implica uma complexa instalação necessária para o posicionamento dinâmico compreendendo os seguintes subsistemas: sistema de energia; sistema de propulsores; e sistema de controle de DP.

Figura 13: Layout típico de um sistema de propulsão.



Fonte:IMCA.

8.1 Geração e propulsão do sistema DP

O “SGE” – sistema de geração de energia - é responsável pelo suprimento contínuo da energia que alimenta a plataforma como um todo e especialmente os integrantes do Sistema DP. O conhecimento e o estabelecimento de *Critérios de Degradação* para o sistema de geração, distribuição e gerenciamento de energia de uma sonda, são pré-requisitos fundamentais para operar com segurança, segundo os princípios do DPPS.

Figura 14: Diagrama de bloco de um sistema DP.



Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico PETROBRAS/E&P-SERV US-SS/CPSE. DPPS.

⁴ MSC Circular 645 (Guidelines for Vessels with Dynamic Positioning Systems) item 1.3.2

8.1.1 Grupo de Moto-Geradores Diesel

É composto de um motor de combustão interna e um gerador elétrico. Os motores são, em geral, do ciclo diesel são máquinas térmicas cuja função é transformar a energia química proveniente da queima de óleo diesel em energia mecânica de rotação de um eixo, a qual será transformada em energia elétrica pelo Gerador.

8.1.2 Sistemas Auxiliares dos Grupos Moto-Geradores

É um grupo de sistema que tem por finalidade assegurar o pleno e bom funcionamento do grupo de moto-geradores. São eles: sistema de ar de partida; sistema de combustível; sistema de lubrificação; sistema de refrigeração; e sistema proteção dos moto-geradores (que envolvem alarmes).

8.1.3 Geradores

O gerador usado nas sondas DP é uma *máquina síncrona*, ou seja, uma máquina de corrente alternada (AC) cuja *frequência da tensão gerada no estator ou a é proporcional à velocidade do rotor*.

{	Campo = rotor : fonte primária de fluxo magnético.
	Armadura = estator : onde a tensão é induzida.
	Excitatriz = responsável pela excitação do gerador.

8.1.4 Barramento (*bus bar*)

É um conjunto de barras com seção retangular, de cobre eletrolítico⁵ recobertas com prata ou outra liga de baixa resistência elétrica. Neste conjunto de barras são conectadas as 3 fases de um grupo de equipamentos de modo que o barramento passa a ser um ponto comum entre os mesmos.

8.1.5 Disjuntores (*breakers*)

Disjuntor é uma chave que tem como função conectar a um *barramento* a geradores e consumidores de energia e desconectá-los normalmente de forma automática sempre que o sistema exigir.

⁵ Cobre com pureza acima de 99%.

O disjuntor pode ser aberto em caso de curto circuito ou através de um comando do Sistema de Supervisão e Controle o que acontecerá em situações tais como: *sobrecarga, sobre-tensão, sub-tensão, sobre-frequência, sub-frequência, potência reversa*, entre outros.

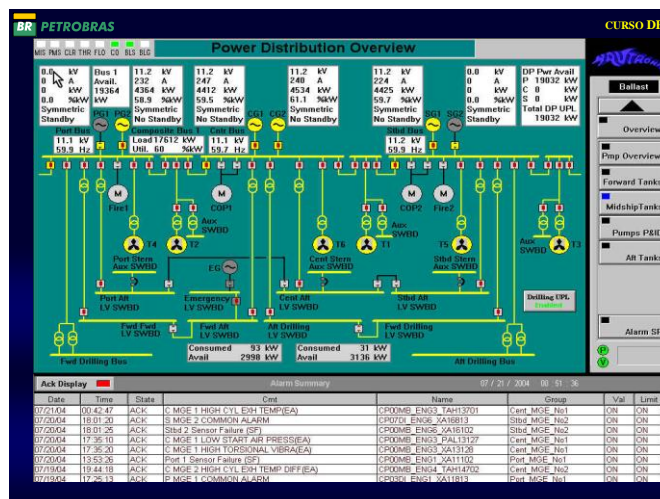
8.1.6 Transformadores

São equipamentos elétricos usados para conversão de energia, tendo como característica possuir dois ou mais circuitos elétricos acoplados por um circuito magnético comum (enrolamentos sobre um núcleo fechado) cujo objetivo é modificar os níveis de tensão ou corrente elétricas geradas para *valores desejados e padronizados*.

8.1.7 Diagrama Unifilar - Sistema de Geração de Energia

É o diagrama que apresenta os principais componentes relacionados ao sistema de geração.

Figura 15: Diagrama Unifilar.



Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico PETROBRAS/E&P-SERV US-SS/CPSE. DPPS.

8.1.8 PMS (Power Management System)

O PMS é uma família de soluções únicas que garantem o fornecimento de energia confiável e estável para indústrias que utilizam energia intensivamente. O PMS equilibra a demanda de energia com o fornecimento disponível de eletricidade, evitando perturbações ou até mesmo blackouts nas operações. Além disso, permite que a empresa controle seus gastos em energia, aumente a segurança e reduzam os impactos ao meio ambiente e à saúde. Através do sistema de gerenciamento de energia, o comandante do navio pode tanto dar a partida como parar qualquer grupo-gerador da embarcação a qualquer momento que desejar com um simples clique na tela do computador, ou mesmo através de interfaces locais que garantem total confiabilidade do sistema. O gerenciamento de energia ainda pode operar de forma automática, partindo ou parando os grupos- geradores conforme a necessidade da embarcação, sincronizando-os e controlando a divisão de carga entre eles. A função de rejeição de carga garante que os geradores conectados ao barramento continuem alimentando as cargas essenciais da embarcação, evitando que sejam sobrecarregados por cargas menos importantes para operação. O PMS tem total controle sobre as máquinas diesel e geradores, monitorando e controlando cada um destes elementos de forma a garantir uma operação ótima e econômica, sem blackout.

Figura 16: PMS (*Power Management System*).



Fonte: <http://tecnologiamaritima.blogspot.com.br/2012/07/posicionamento-dinamico-parte-3.html>

9 SISTEMA DE PROPULSÃO

A capacidade DP do navio é fornecida por seus propulsores. Em geral, três tipos principais de propulsores são fornecidos com navios DP; propulsores principais, propulsores de túnel e propulsores azimutais. Em navios DP onde tais formas de propulsão principal são partes do sistema DP, os propulsores podem ser do tipo passo controlável (CP) girando a uma constante RPM ou a velocidade variável. Motores DC, ou sistemas de conversão de frequência, permitem com que velocidade variável seja utilizada com hélices de passo fixo. Os propulsores principais são normalmente acompanhados por lemes convencionais e engrenagens redutoras. Normalmente, a instalação de um DP incluirá controle e *feedback* do(s) leme(s).

Além dos hélices principais, um navio DP deve ter propulsores bem distribuídos para controlar a posição. Tipicamente, um navio DP tipo monocasco terá seis propulsores; três na proa e três na popa. Os propulsores de vante tendem a serem propulsores de túnel. Dois ou três propulsores de túnel são geralmente montados na proa. Os elementos fundamentais desse sistema são: os *thrusters* - propulsores de vários tipos que podem estar dispostos de várias formas ao longo do casco da embarcação -; *propellers* - propulsores situados na popa das embarcações, responsáveis fundamentalmente pelos deslocamentos longitudinais-.

Propulsores de túnel na popa são comuns, operando em conjunto, mas controlados individualmente. Propulsores azimutais projetam-se para o fundo do navio e podem ser girados para fornecerem empuxo em qualquer direção. Propulsores azimutais têm a vantagem de poderem fornecer empuxo em qualquer direção e são frequentemente utilizados para a propulsão principal ao invés de propulsores de hélice convencional.

Um propulsor elétrico (*podded thruster* - AZIPOD) é também um tipo de propulsor azimutal, mas neste caso o motor e o eixo são encapsulados e giram com o impelidor abaixo do casco. Já os anéis de deslizamento fornecem a energia do navio para o conjunto girante que contém o motor ou motores.

9.1 Tipos de propulsores

9.1.1 Propulsores fixos

Tunnel Thrusters: Instalados dentro de dutos que atravessam o casco da embarcação na direção BB/BE.

Figura 17: *Tunnel thruster*.



Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico PETROBRAS/E&P-SERV US-SS/CPSE. DPPS.

Ducted Thrusters: Localizam-se externamente ao casco, “pendurados” sob o mesmo, com aspecto semelhante aos azimutais embora *não pivotados* em relação a seus eixos de sustentação.

Propellers: Característicos de navios controlam o movimento de “surge” quando em DP.

9.1.2 Propulsores azimutais

São aqueles nos quais a direção do empuxo é variável em 360° graças à ação de mecanismos rotacionais em seus eixos de sustentação.

Figura 18: Propulsor azimutal.



Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico PETROBRAS/E&P-SERV US-SS/CPSE. DPPS.

9.1.3 Thrusters de velocidade variável

Eles admitem variações de velocidade possibilitando forma controlar o empuxo diretamente e utilizam sistema *Voith Schneider Drive* (VSD) para efetuar a variação da velocidade.

Figura 19: Propulsor (VSD).



Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico PETROBRAS/E&P-SERV US-SS/CPSE. DPPS.

9.2 Comando e Feedback dos Thrusters

9.2.1 Diagramas de Capabilidade

As ferramentas que utilizamos para *determinar os limites de degradação por excesso de solicitação aos propulsores* são denominadas “*Diagramas de Capabilidade*” ou “*Rosetas de Potência*”. Os diagramas possibilitam obter a *Demanda Total de Potência Requerida ao Sistema de Propulsão sob determinadas condições ambientais atuando em direções específicas*.

Esses modelos permitem visualizar situações onde a *demanda de potência nos propulsores supera os limites operacionais pré-estabelecidos em função de um percentual da potência total instalada (critério de degradação)*. Sinalizam “*aproamentos proibidos*” para as condições ambientais específicas introduzidas na simulação.

9.2.2 Bias Mode ou Thruster Biasing

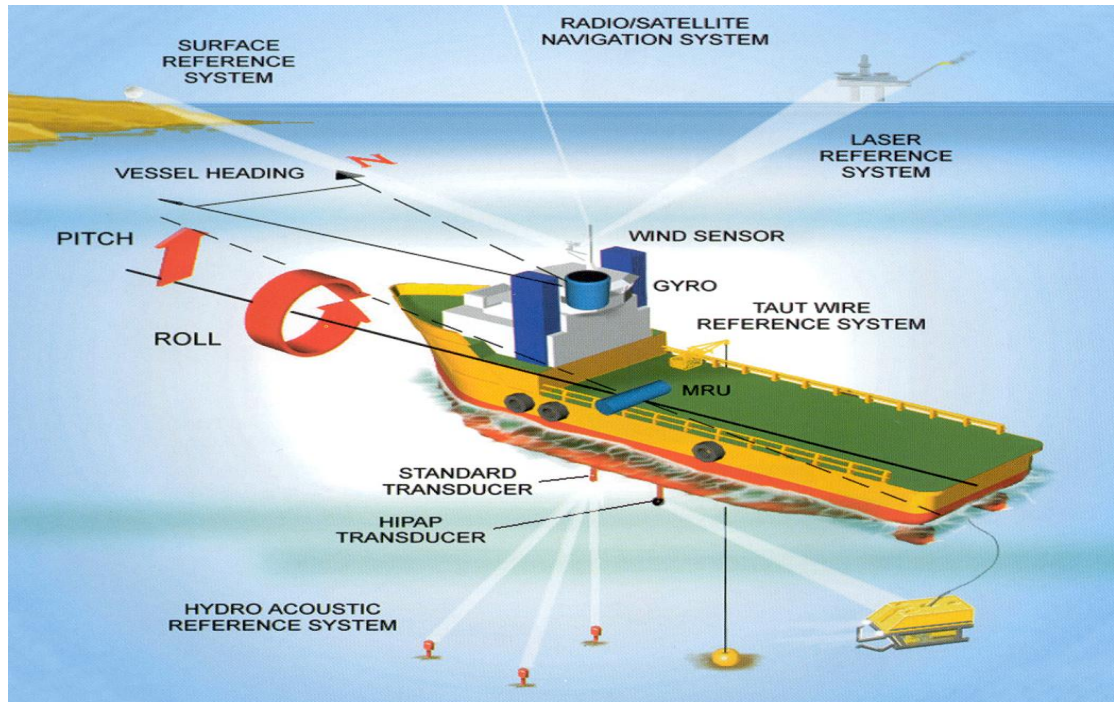
Trata-se de comandar a contraposição de *thrusters*, ou seja, orientar pares de propulsores de forma a produzir o mesmo empuxo, na mesma direção, porém com sentidos contrários de tal modo que a resultante seja nula e a sonda não saia de posição.

10 NÍVEIS DE DP

10.1 Conceito de redundância

Embarcações de posicionamento dinâmico são classificadas de acordo com o seu sistema de controle e redundância. Redundância, por sua vez, significa uma reserva com a qual nenhuma falha simples cause a perda de controle do aproamento ou da posição.

Figura 20: Navio posicionado dinamicamente e seus sistemas.



Fonte: MAERSK DP Training Manual. 2013.

Existem basicamente três níveis de DP, que podem variar em nomenclatura de acordo com a regra ou norma adotada, mas são equivalentes entre si. Por definição da ABS⁶, em todos os níveis o navio que possui sistema de DP deve ser dotado de sistemas que permitam o controle manual e automático quanto ao *heading* e a posição da embarcação; sendo que os critérios de redundância exigidos tornam-se maiores em cada nível. Com isso, caracteriza-se em suma:

DP - 0: Controle manual de posição e automático de aproamento sob uma determinada condição ambiental máxima.

DP - 1: a embarcação é capaz de manter o DP em condições ambientais máximas especificadas, desde que não ocorra qualquer falha no sistema;

⁶ (ABS - Guide For Thrusters and Dynamic Positioning System- 1994. Seção 3.1)

DP - 2: Controle automático e manual de posição e aproamento sob uma determinada condição ambiental máxima, durante e a seguir a uma falha simples. Excluindo-se a perda de um compartimento. (Dois sistemas de computadores independentes).

DP - 3: Controle automático e manual de posição e aproamento sob uma determinada condição ambiental máxima, durante e a seguir a uma falha simples. Incluindo-se a perda de um compartimento por fogo ou alagamento. (Pelo menos dois sistemas de computadores independentes com um sistema de backup separado por uma antepara classe A60).

10.2 Modos operacionais do DP

Os modos de se operar posicionado dinamicamente são:

MANUAL/JOYSTICK MODE: os movimentos transversal e longitudinal da embarcação e aproamento são controlados manualmente pelo operador DP.

JOYSTICK AUTO HEADING: os movimentos em X e Y são controlados manualmente, porém o aproamento é mantido constante de acordo com um valor.

AUTO-POSITION ou DP MODE: é o modo em posicionamento dinâmico propriamente dito, totalmente automático, alimentado pelos sistemas de referência de posição e sensores e responsável por manter a sonda sobre a locação previamente estabelecida.

AUTO TRACK/AUTO SAIL MODES: O operador define uma trajetória a ser percorrida pela embarcação.

FOLLOW TARGET MODE: O sistema comanda um deslocamento que siga determinado ponto móvel de referência.

MODEL CONTROL ou DEAD RECKONING MODE: Se durante o “*Modo DP*” ocorrer um problema tal que ocasione um corte súbito das informações recebidas dos sistemas de referência de posição, o controlador entrará automaticamente no *Dead Reckoning Mode*.

Os modos operacionais de uma operação em DP de uma embarcação de apoio marítimo (EAM) é decifrar o que as forças ambientais nos dizem. Deve-se saber de onde vem e qual a velocidade da corrente marítima, a velocidade e direção do vento, tamanho e direção das ondas, são informações que serão obtidas realizando o teste de deriva.

Faz-se importante saber a relação de força do vento e força da corrente, na proporção de 30 kts de vento para 1 kt de corrente. Ou seja, a cada 1 kt de corrente, serão necessários 30 kts de vento para atuar com a mesma força na embarcação. Porém existe uma variável. Algumas embarcações apresentam formatos que acabam se transformando em verdadeiros velames e, assim sendo, a força do vento para se igualar à força da corrente marinha é menor. Normalmente estes formatos estão na proa, o que nos obriga na maioria das vezes a operarmos de popa para o vento, evitando, assim, que a força do vento atue fortemente na proa. Conhecendo os dados ambientais defini-se, então, qual a melhor forma de aproximação na UM.

Como se sabe que se navega melhor de proa e, como segunda opção, de popa. Navegar de bordo (través) nunca será a melhor opção. Portanto, deve-se sempre posicionar a embarcação, em relação a UM, para efetuar a aproximação inicial de proa ou de popa, conforme o caso, efetuando esta aproximação contra as forças ambientais ou a resultante destas forças. Somente os últimos metros serão navegados de bordo, de acordo com a necessidade. Sem esquecer as determinações contratuais quanto à distância, velocidade de aproximação, números de referenciais, obrigatoriedade de realização de um *check list* e outros informes solicitados pela UM.

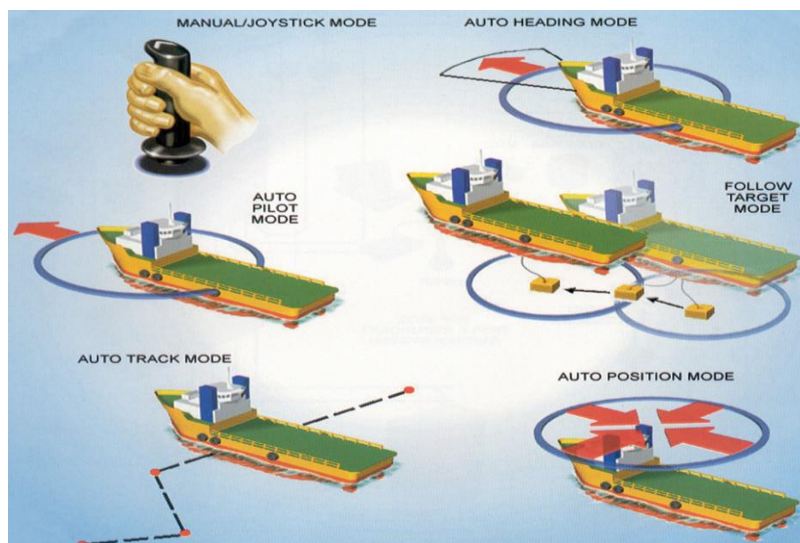
Ao ser passado o comando manual para o console do DP no modo JSMH (*Joystick Manual*), será necessário parar a embarcação. Para tal utiliza-se o joystick. Com a embarcação tendo o movimento de proa bem estabilizado passa-se o comando do movimento de proa para o automático (JSAH). Estabilizando os movimentos longitudinal (*surge*) e transversal (*sway*), transfere-se o comando total da embarcação para o sistema DP. Desta forma será evitado sobrecarregar as máquinas principais e especialmente os *thrusters* e não será utilizada a opção *present position*, que sempre ao ser utilizado obrigatoriamente causa grandes esforços nas máquinas.

Após a embarcação ser posicionada de acordo com as necessidades operacionais e de segurança, inicia-se, efetivamente a operação (seja ela qual for) com a UM. Conferem-se os sistemas de referência, habilita-se, quando disponível, sistema de referência relativo (*Cyscan*, por exemplo), como secundário, para prevenção de possível perda de sinal do sistema de referência principal. Quando a opção baias estiver disponível (somente em embarcações com propulsão azimutal) e as condições de mar não forem tão favoráveis, pode-se ativá-la. Salienta-se que não é indicada a navegação de aproximação com baias acionado.

Este sistema consiste em manter os propulsores azimutais operando em diagonal fixo. Esta forma de operar propicia maior estabilização à embarcação, tendo-se impressão que a popa esta "mais presa". E fica mesmo. Também utilizamos esta opção quando o consumo de energia é menor que o solicitado pelo sistema. A opção baias aumenta consideravelmente a demanda de energia, além, é claro, do consumo de combustível. A partir deste ponto deverá ser mantida a constante vigilância no painel do DP.

Como já explicado anteriormente são utilizados como sistemas de referência, atualmente, o DGPS e o *Syscan*, por exemplo. A utilização do DGPS pode ser afetada pelas atividades solares e causar a perda de sinal devido o fenômeno da cintilação, sempre a partir das 20h, até aproximadamente 24h, na área tropical, na faixa formada pelas latitudes de 20°N a 20°S. O procedimento deverá ser adotado para evitar a perda de posição e conseqüentemente ter o risco de acidente será o de habilitar outro sistema de referência, por exemplo, o *Cyscan*, como secundário quando o sistema de DP oferecer esta opção. Deste modo as informações do referencial acionado, automaticamente serão recebidas pelo computador do sistema de DP,

Figura 21: Modos operacionais do DP.



Fonte: Kongsberg Maritime. APOS LBL and MULBL Course. Training Manual. Rio de Janeiro. 2005.

permanecendo a embarcação na posição antes determinada pelo operador. Caso o sistema de DP não tenha esta opção, pode-se ainda, mudar para o modo manual, permanecendo com a proa controlada automaticamente (*JSAH - Joystick Auto Heading*), pois a informação para manutenção da proa continua controlada automaticamente sendo esta fornecida pela giroscópica, enquanto que o controle dos movimentos longitudinal (*surge*) e transversal (*sway*), a partir deste momento ficando no *joystick manual*.

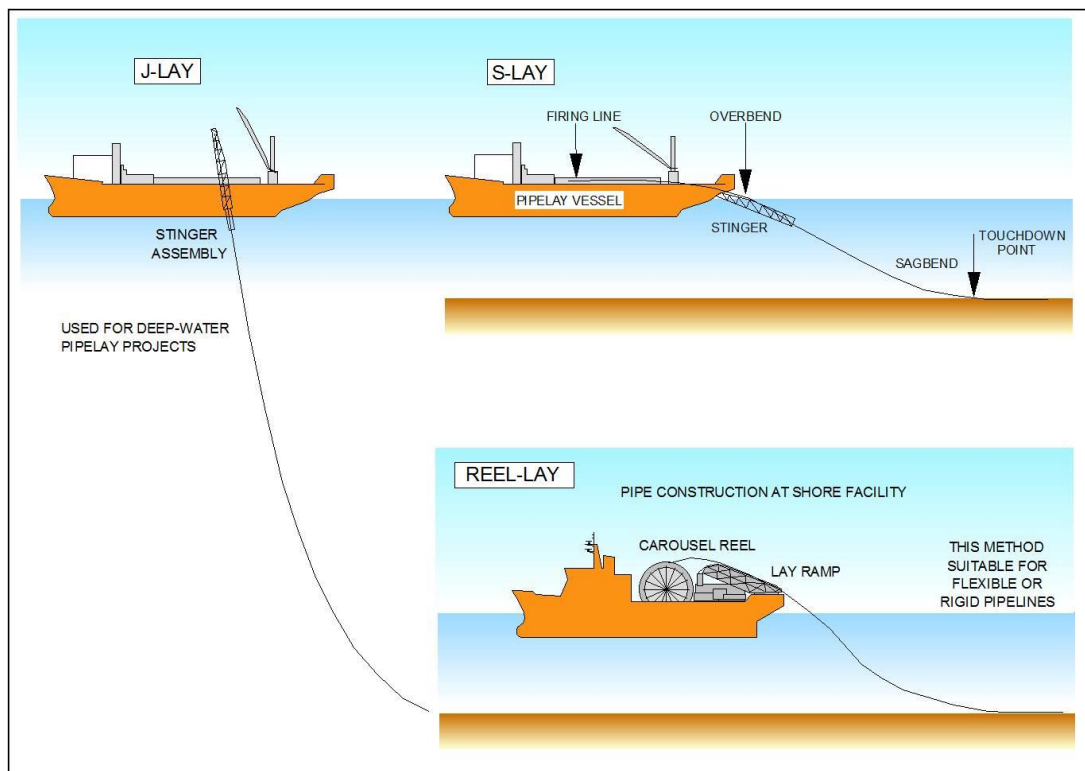
11 OPERAÇÕES EM DP

11.1 Navios lançadores de linha (PLSV)

Podem ser principalmente dos tipos *pull in* e *pull out*. *Pull in* é a operação de transferência de linha flexível do navio de lançamento para um sistema de superfície (plataforma fixa, flutuante, monobóia). *Pull out* é a operação inversa à *pull in*, ou seja, transferência de linha flexível de uma unidade de superfície para navio de lançamento de linhas flexíveis.

Dentre os diversos métodos de instalação de dutos pela superfície, os mais empregados atualmente são o método *S-Lay*, o método *J-Lay* (*operação em águas profundas*) e o método *Reel-Lay*. É essencial que seja mantida a tensão no oleoduto. Os valores de tensão de tubo são comunicados ao sistema DP por meio de células de carga incorporados nos tensores. O sistema DP está continuamente trabalhando com esta força externa, usando o poder propulsor para manter a tensão. Nos estados adversos do mar, os tensores estão trabalhando intensamente para manter as tensões na coluna de tubos dentro de critérios estabelecidos, e o sistema DP também deve desempenhar o seu papel neste controle de tensão.

Figura 22: Métodos de lançamentos de linhas de navios PLSV.



Fonte: MAERSK DP Training Manual. 2013.

11.1.1 Método J-Lay

O método *J-Lay* é uma variação do método *S-Lay*, com a rampa de lançamento construída em posição quase vertical, na lateral da embarcação, sendo transformada numa torre de lançamento. Neste caso a região de *overbend* não existe e a configuração se aproxima ao desenho da letra J.

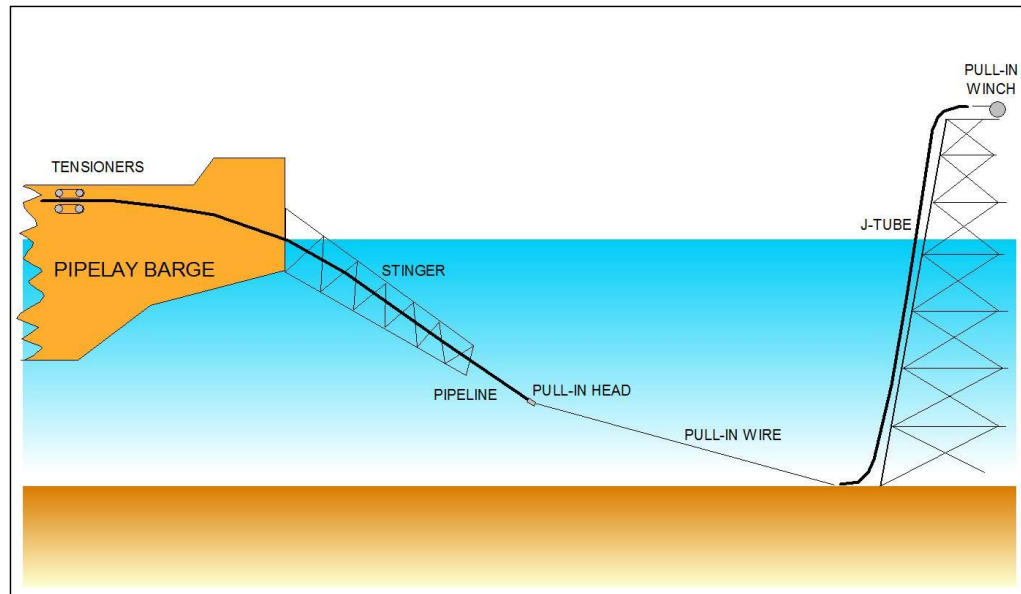
11.1.2 Método Reel-Lay

No método *Reel-Lay* a linha é fabricada em terra e estocada em rolos de grande diâmetro no convés da embarcação para transporte e instalação. Neste caso, a grande limitação diz respeito ao diâmetro máximo do duto. A única vantagem deste método, em relação aos outros, é a grande velocidade de instalação.

11.1.3 Método S-Lay

O método *S-Lay* prediz que a construção da linha seja feita sobre a embarcação de lançamento em uma posição quase horizontal, criando duas regiões de flexão acentuada: uma na rampa conhecida por “*overbend*” e outra junto ao fundo, denominada “*sagbend*”. A configuração se aproxima ao desenho da letra S. Durante a operação de tubulação, que, a embarcação irá avançar sob controle DP, em etapas iguais ao comprimento, geralmente, de 24 metros. É vital que esses movimentos são realizados com precisão, rapidamente, e sem excesso e conseqüente back-up. O DPO deve ter conhecimento da posição efetiva o tempo todo durante a operação.

Figura 23: Método S-Lay.



Fonte: MAERSK DP Training Manual. 2013.

Os riscos operacionais dos tipos de operações citadas anteriormente são: *Black out*, deriva, perda de posição da embarcação e velocidade não sincronizada à velocidade de lançamento.

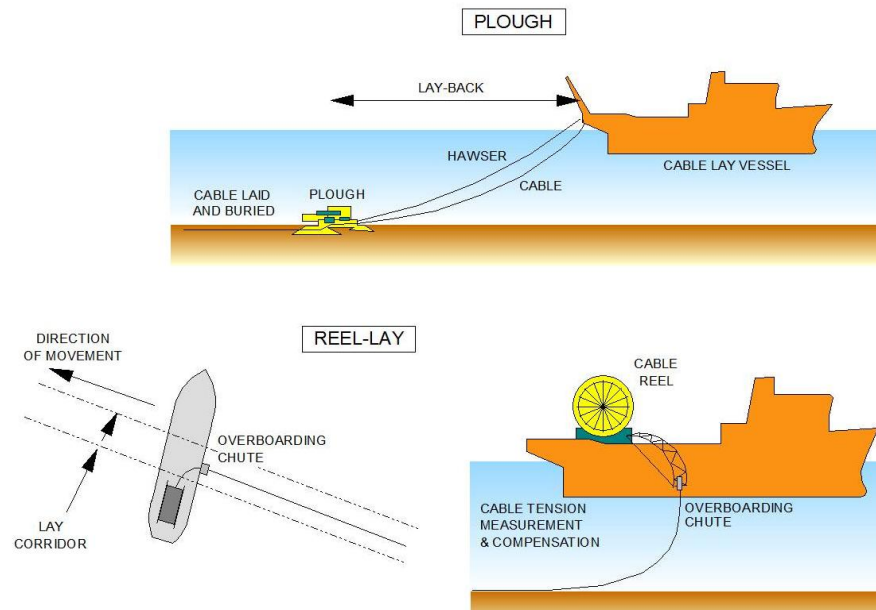
BGL-1

A Balsa BGL-1 é uma embarcação projetada para o lançamento de duto rígido pelo método *S-lay* que não possuía sistema de posicionamento dinâmico. A balsa possui duas máquinas de tração com capacidade de 900kN, uma rampa de lançamento e a possibilidade de acoplamento de *stinger*.

11.2 Manutenções e reparo de linhas

Todos os navios de manutenção e reparo de linhas modernas são DP. As linhas podem ser adotadas por um arado (*plough*) ou veículo rastreador. No caso do primeiro navio reboca o arado por um *hawser*, e as trincheiras de arado guarnecem e cobrem todos os cabos em uma operação. A tensão no *hawser* pode ser alimentada de volta para o sistema DP compensando diretamente. O navio pode usar técnicas *follow-sub* ou *auto track*, conforme o caso. Se o cabo que for colocado for curto (ou seja, entre duas plataformas *offshore*) pode ser manuseado por um veículo rastreador de fundo.

Figura 24: Métodos e reparos de linhas.



Fonte: MAERSK DP Training Manual. 2013.

Operações de reparo de linhas podem envolver longos padrões de pesquisa a ser conduzido, em seguida, um período em DP em águas profundas longe da terra enquanto o cabo for reparado. O uso de DGPS como uma referência de posição é valioso.

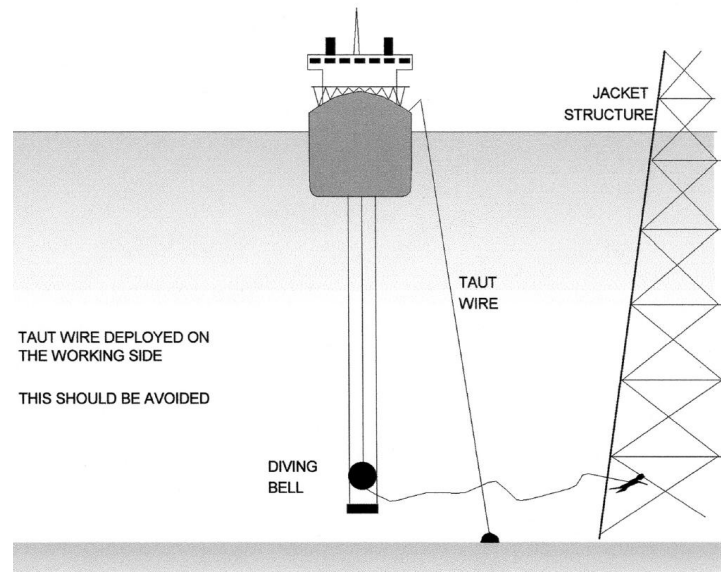
O DP também serve para posicionar o navio quando é realizada uma desconexão. Uma vez que isto é frequentemente realizado em águas pouco profundas, pode haver um problema de obtenção de referência de posição. Mais uma vez, o DGPS serve como um valioso PRS.

11.3 RSV e DSV

Prestam serviços técnicos tais como operação, inspeção, manutenção, instalação e reparo de equipamentos submarinos, podendo estar utilizando equipamentos próprios ou equipes de mergulho. O veículo que é utilizado é conhecido como controle remoto (ROV⁷).

⁷ Veículo Operado Remotamente e muito utilizado nas diversas operações submarinas no universo offshore.

Figura 25: Navio DSV com sino de mergulho.



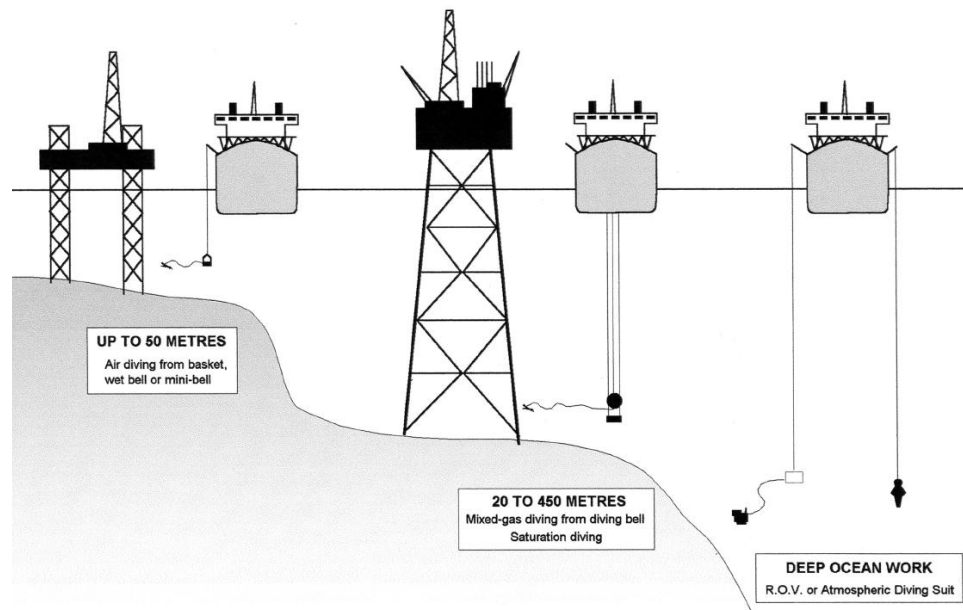
Fonte: MAERSK DP Training Manual. 2013.

Esses tipos de embarcações geralmente trabalham em toda plataforma continental brasileira, particularmente na Bacia de Campos. Os serviços que são prestados, em função da profundidade ou complexibilidade, podem ser realizados através de mergulho ou ROV.

Quanto ao mergulho, existem três modos de funcionamento debaixo de água. Até uma profundidade de 50m a técnica é "mergulho ar" ou mergulho profundo, ou seja, gás de respiração do mergulhador é o ar comprimido. Já a uma profundidade de 300m mergulho saturado.

Nos mergulhos saturados os mergulhadores ficam em câmaras pressurizadas na embarcação, a uma pressão chamada de nível de vida, próxima da pressão que será encontrada na profundidade onde vai ser realizado o mergulho. Os mergulhadores são deslocados até o local de trabalho a ser realizado, através do sino de mergulho. Após o sino descer até o local de trabalho, um mergulhador permanece no sino para controle da segurança, enquanto um ou dois mergulhadores saem do sino, sendo ligados por umbilicais, e realizam o serviço propriamente dito.

Figura 26: Comparativo de operações de mergulho e ROV (profundidade).



Fonte: MAERSK DP Training Manual. 2013.

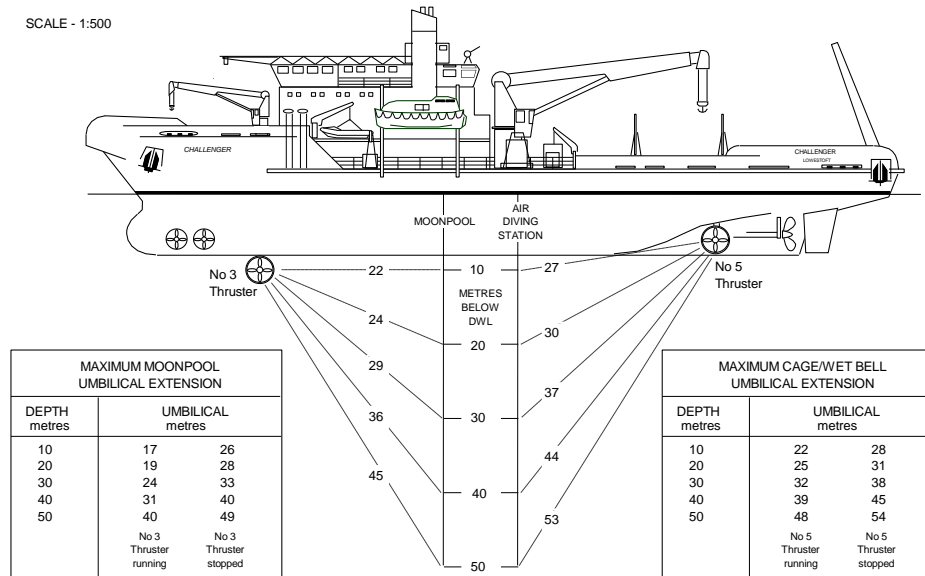
O sino que o mergulhador pode ser implantado pode ser do tipo molhado ou de um mini-sino. Os dois últimos métodos representam uma maior segurança para o mergulhador na zona de mergulho mais perigosos. Um dos requisitos do mergulho, a partir de uma embarcação DP, é que a quantidade de umbilical o mergulhador pode ser dada, medida a partir do ponto do cesto ou do sino não deve ser menos que 5m menos do que a distância para os propulsores mais próximos. Isto é para assegurar que o mergulhador não pode ser arrastado para um propulsor.

Antes de se envolver em operações de mergulho de um DP DSV, o DPO deve garantir que todos os seus sistemas estão funcionando corretamente com redundância total disponível em todas as áreas. O navio deve se estabilizar em sua localização, e deve ter tido pelo menos 30 minutos para resolver e construir o modelo matemático para o sistema. Todos os equipamentos do DP e as *checklists* pré-mergulho devem ser verificadas e completadas. Os avisos devem ser anunciados no navio e na plataforma para informar que as operações de mergulho estão ocorrendo. Em muitos casos, a operação de mergulho terá de respeitar o sistema de autorização de trabalho. A equipe ponte precisa avaliar-se o número de mergulhadores na água, a sua localização, profundidade e situação de trabalho, particularmente se eles estão trabalhando em um leito do mar aberto ou em um local bem restrito, também o número do *transponder* de emergência no sino, e o mesmo se aplica para o ROV.

Figura 27: Diagrama da profundidade e extensão do umbilical.
M.S.V. CHALLENGER

DIVING DIAGRAM

SCALE - 1:500



Fonte: MAERSK DP Training Manual. 2013.

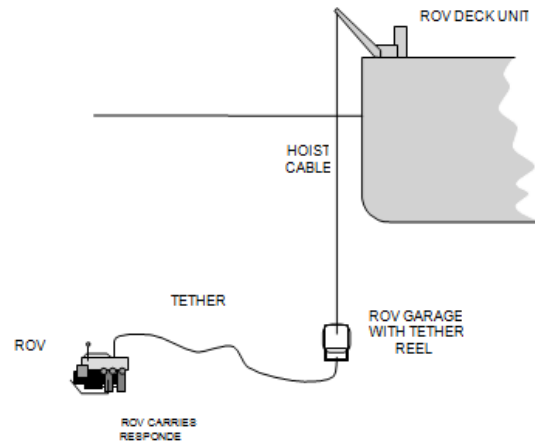
Já o serviço executado pelo ROV pode ser definido como todo aquele que, em função da profundidade, economicidade ou segurança, não podem ou não devem ser realizados através do mergulho saturado. O ROV é utilizado para a inspeção visual de equipamentos, manuseio e testes de válvulas em ANMs e manifold's, monitoramento, apoia as próprias operações de mergulho e outros. Estes navios especiais podem ser providos com dois tipos de ROV, os de intervenção e os de observação.

Todas as operações de mergulho são perigosas, mas alguns mais do que outras. O mergulho em águas rasas de embarcações DP é particularmente difícil, às vezes, as operações de mergulho só podem acontecer em lugares de água parada, quando a corrente de superfície é até 3,5 kts ,o swell é de até 3 metros e os ventos até 30 kts. Nestas circunstâncias, o tempo em água é precioso e a embarcação DP deve estar totalmente preparada para cada janela de mergulho.

11.4 Levantamento e embarcações de apoio ROV

As embarcações deste tipo pode realizar uma infinidade de tarefas como as de levantamento hidrográfico, investigação de naufrágio, recuperação subaquática, inspeção de

Figura 28: ROV.



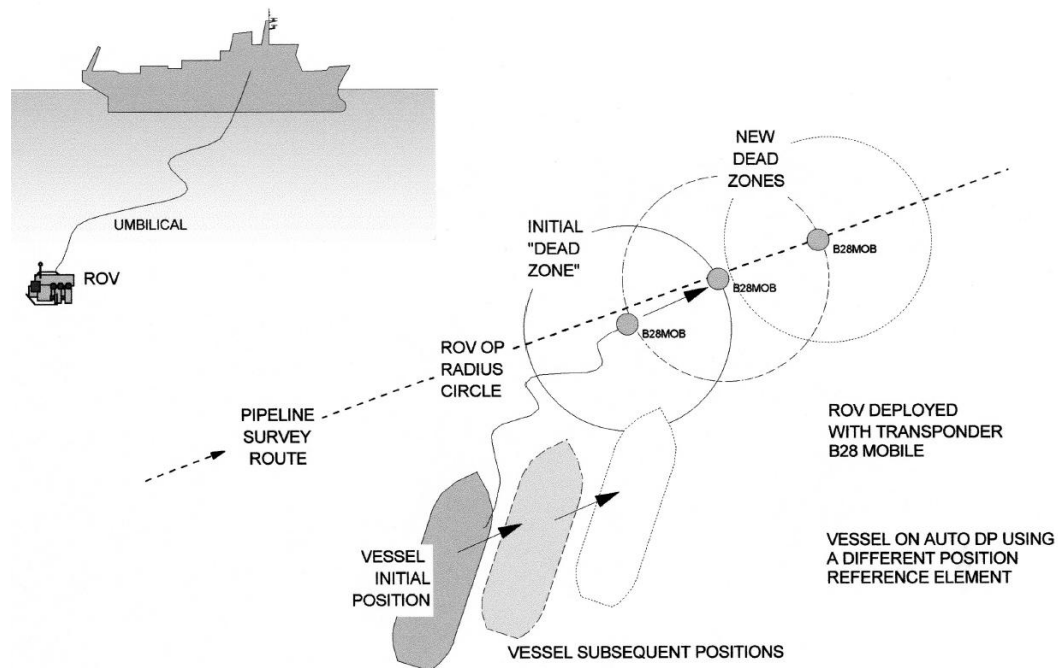
Fonte: MAERSK DP Training Manual. 2013.

instalação e manutenção de poços, entre outras. Embora a tarefa em si possa indicar um trabalho relativamente não perigoso, deve ser lembrado que a localização pode sim implicar em um perigo considerável.

O *following target mode* permite o ROV seguir automaticamente um alvo móvel e manter o equipamento dentro de uma "janela de posição" em relação ao alvo. No modo *multi-target* também é possível para manter a posição do equipamento dentro de uma janela de posição. O alvo em movimento deve ser equipado com um *transponder* de referência móvel ou refletor de raios laser, a fim de o sistema DP no controle da sua posição relativa. Se, por exemplo, o alvo em movimento é um veículo operado remotamente, em seguida, o navio deve estar equipado com um sistema hidroacústico de referência de posição (HPR) para que o sistema DP no controle da sua posição relativa.

Além de um *transponder*⁸ de referência móvel no destino, um sistema de posição de referência fixa adicional (tal como DGPS) é necessário. Alternativamente um *transponder* fixo (implantado no fundo do mar) pode ser usada.

Figura 29: Navio ROV usando diferentes elementos de referência de posição.



Fonte: MAERSK DP Training Manual. 2013.

Os riscos operacionais dessa operação são basicamente: Black out, deriva, perda da posição da embarcação e outros riscos do sistema que são todas as operações que envolvem o mergulhador e os sistemas da embarcação como câmaras, sinos e umbilicais.

11.5 Flotel

O principal objetivo do flotel é promover um conforto satisfatório a esses trabalhadores, crescendo a qualidade dos seus serviços prestados. Pois muitas vezes essas estruturas de exploração não possuem capacidade para acomodar confortavelmente um número excessivo eventual de trabalhadores. Assim, devido à restrição de acomodações, o processo de manutenção/reestruturação torna-se mais demorado e menos eficiente, que por sua vez impacta no nível de produtividade das unidades produtivas.

⁸ Todo equipamento capaz de converter sinais elétricos em ondas de pressão e vice-versa.

Os Flotéis são requisitados quando, por exemplo, há necessidade de alguma modernização ou manutenção de uma estrutura flutuante (plataforma fixa, Semi Submersíveis- SS e FPSO) sem que esta precise voltar à costa, ou seja, a plataforma não precisa interromper a sua produção. Os Flotéis também são usados em situações de emergência como o vazamento de petróleo no Golfo do México em poço da BP (*British Petroleum*), onde os flotéis acomodavam os trabalhadores que desempenhavam suas funções na retenção diária de óleo.

Esse tipo de embarcação é relativamente nova, logo, poucos foram construídos ou convertidos até o momento, assim, seu conceito ainda está em evolução caracterizando-se assim como objeto de projeto atípico. As embarcações existentes dividem-se entre plataformas SS e navios (*monohull*), dentre esses, as principais características identificadas foram: grande capacidade de acomodações, escritório, refeitórios; oficinas mecânica, elétrica, de trabalhos quentes e de pintura; operação com guindastes; área de convés ampla para transferência de cargas; alta capacidade de posicionamento dinâmico; transferência de passageiros por pontes telescópicas (*gangway*).

De acordo com a DNV⁹ é exigido nível de DP dependendo do tipo de operação que a embarcação irá executar. Assim, para navios que irão operar próximas a outras embarcações é exigido DP-3 ou equivalente ao DP-2 sendo necessário, neste último caso, ser submetido a análises detalhadas posteriores. Portanto, para o navio do tipo flotel será definido um nível de sistema DP-3.

⁹ (rp-e307 – “Dynamic Positioning System Operation Guidance”)

Figura 30: Flotel conectado a plataforma através da *gangway*.



Fonte: Portal marítimo.

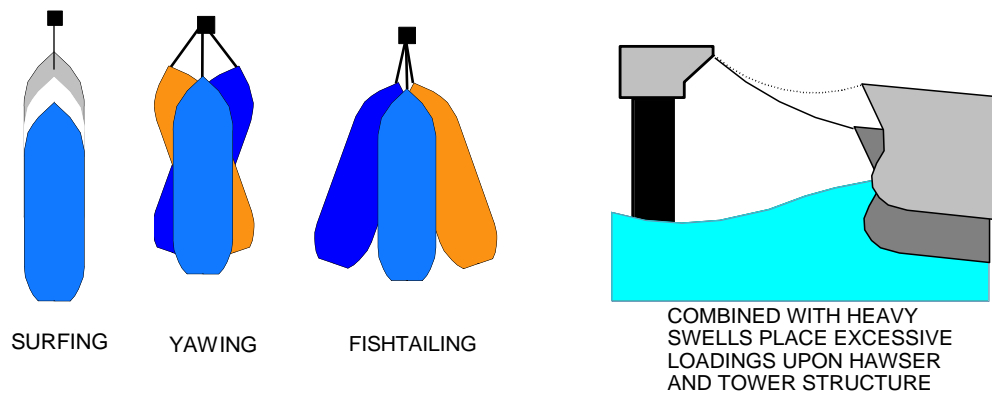
Para um maior entendimento dos critérios de falhas a serem exigidos a cada um dos níveis de DP pela IMO¹⁰, os modos de falha correspondentes a cada um dos níveis de DP, são referenciados como classes de equipamentos. Assim em classes de equipamentos, define-se como falha simples: Para DP-2, qualquer componente ativo do sistema (geradores, *thrusters*, painéis de controle, válvulas de controle remoto, etc.) e qualquer componente estático do sistema (cabos, dutos, válvulas manuais). E para DP-3, todas as falhas consideradas para o DP-2 e perda de compartimentos (de geradores, propulsores ou de controle) por incêndio ou alagamento.

11.6 Navios aliviadores

Os petroleiros aliviadores fizeram uso das capacidades do sistema de posicionamento dinâmico desde 1981. A exigência surge dos problemas associados com a exportação de petróleo bruto a partir de campos marítimos. Muitos campos exportavam através de gasodutos, mas esta opção é bastante custosa. O método mais comum consiste em proporcionar um sistema de armazenamento de petróleo no mar, e um ou mais navios-tanque para transportar o óleo para um destino.

10 IMO MSC Circular 645 (Guidelines for Vessels with Dynamic Positioning Systems)

Figura 31: Movimentos do navio aliviador quando conectado.



Fonte: MAERSK DP Training Manual. 2013.

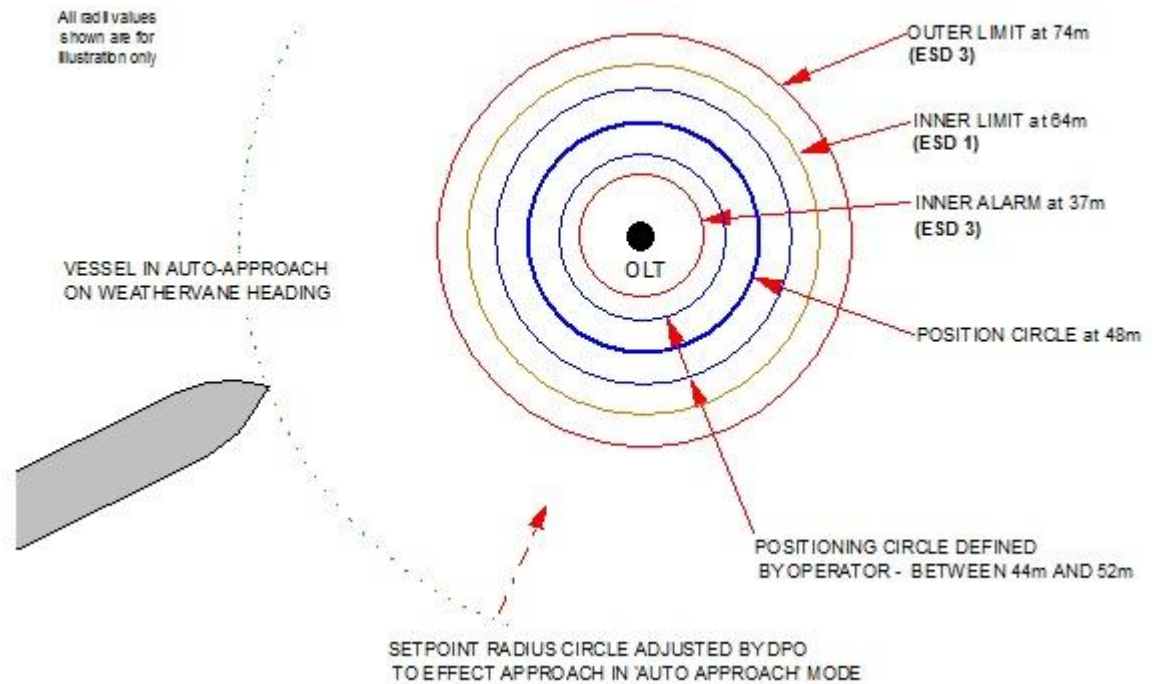
Em geral, as operações com os *shuttle tankers* podem ser divididas em quatro grupos; sistemas com cabos de atracação, sistemas sem cabos, sistemas STL e esses navios configurados para carregar diretamente da instalação da FPSO (Unidades flutuantes de produção, armazenamento e transbordo).

Alguns navios têm todos os elementos de comando situados passadiço de vante, com um procedimento de transferência definido para tomar o controle para frente a partir do passadiço principal. Em outros navios, o sistema de DP está localizado no passadiço a meio navio.

O DPO vai selecionar o local correto no OLT (*Offshore Loading Terminals*) no menu do sistema DP (*Select buoy*). Isto permite que o acesso ao sistema de DP para os detalhes do OLT serem abordado. Cada OLT tem diferentes critérios relativos coordenadas da posição, posição círculo e especificações limite de alarme, disponibilidade de referência de posição e valores de deslocamento e características de movimento da OLT.

Figura 32: Aproximação da OLT e círculos de operação.

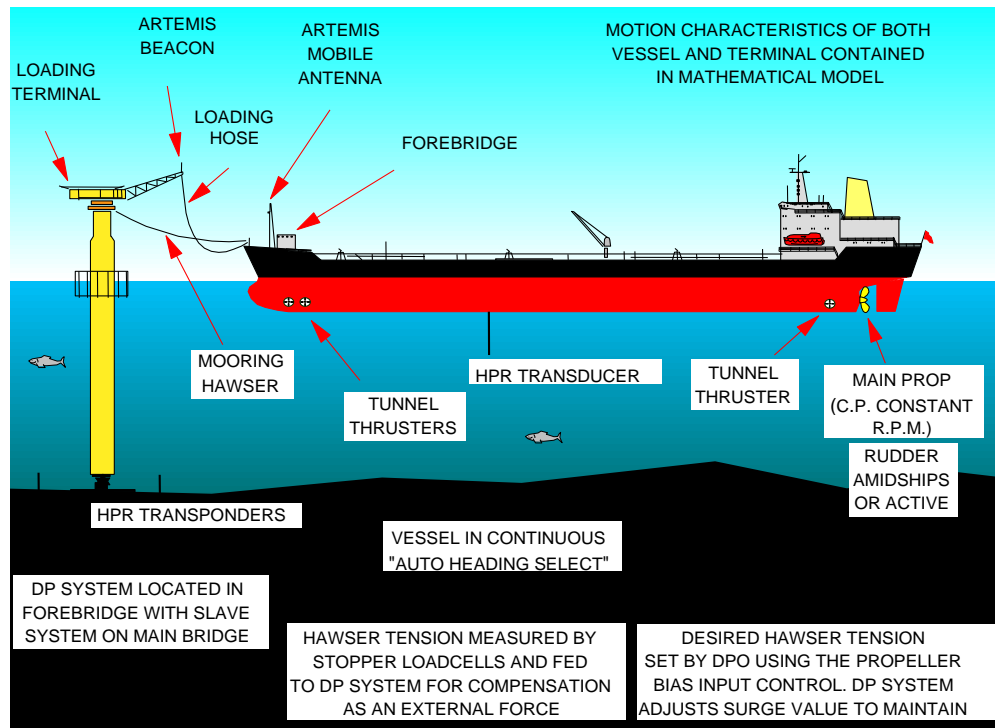
OLT APPROACH AND POSITION CIRCLES



Fonte: MAERSK DP Training Manual. 2013.

O DPO pode ajustar o valor de aumento da posição da embarcação, introduzindo um novo valor de raio no *Set Point Circle*. Com o sistema em modo de "amarração", tem um raio preferido, com uma pequena margem de manobra para o DPO fazer o ajuste, ou seja, designada 44m raio, com um ajuste de entrada para o DPO de 44 - 49m. Em más condições meteorológicas, a distância de separação para o OLT pode assim ser aumentado de forma marginal. Em alternativa, o ajuste pode ser por uma função conhecida como *Propeller Bias*, em que o DPO é capaz de entrar demais ou menos valores em toneladas, que são as mudanças necessárias para a tensão no *hawser*. O sistema de DP, então, deve ajustar automaticamente o impulso (isto é, ponto de círculo de raio definido), a fim de atingir o valor da tensão de entrada.

Figura 33: Características operacionais do *Shuttle Tanker*.



Fonte: MAERSK DP Training Manual. 2013.

O navio deve estar pronto para romper a operação a qualquer momento e chegar a curso. Para este fim, três estados de emergência são definidos e alarmados; ESD1, 2 e 3. O ESD representa o Desligamento de Emergência e Desconexão. Os vasos e de campo manuais operacionais irão especificar os critérios segundo os quais qualquer que esteja em ESD é levantada, e as ações de acompanhamento. Muitas vezes, a OLT não é tripulada, e o navio inicia funções ESD por meio de um simples interruptor seletor montado na ponte. Controles (de bordo) locais desempenham as funções necessárias ESD no reservatório, enquanto as funções fora do navio são realizadas por controle de telemetria. Em ESD1 resultados gerais no bombeamento de exportação de ser parado e válvulas-chave a ser fechado em prontidão para um separatista. ESD2 inicia a mangueira ser desacoplado; também um sistema *drencher* vai envolver a área do arco com spray de água reduzindo o risco de explosão ou incêndio de quaisquer faíscas que poderiam ser golpeadas. ESD3 inicia o destravamento da amarra. Os navios que operam sem ligações *hawser* não terá uma posição ESD3 no interruptor.

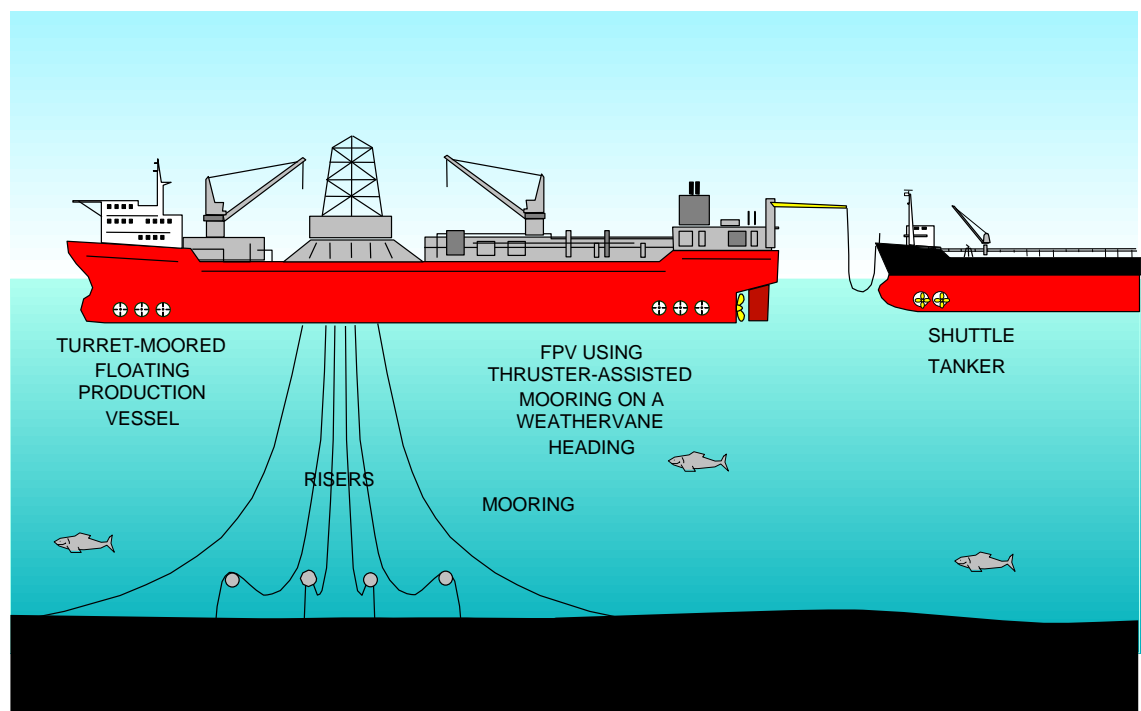
11.7 FPSO

Unidade flutuante de Produção, armazenamento e transbordo (FPSO) consistem de uma unidade flutuante, ou em ordem, ou semissubmersível, contendo todas as facilidades para a produção de petróleo bruto, e às vezes gás.

Muitas unidades FPSO são da configuração monocasco, com instalações *turret mooring*. Com esta disposição, o FPSO é posicionado por meio de uma série de âncoras. As amarras são tratadas pelo *turret*, que é uma grande seção central circular do casco do navio localizado a meia nau ou o avante da meia-nau. O FPSO é, portanto, capaz de *weathervane* em torno do *turret* para manter sua posição sobre as condições meteorológicas e o estado do mar.

Arranjos variam de instalação para instalação. Algumas FPSOs confiam totalmente na sua propagação de amarração para posicionamento, com posição de controle efetuada simplesmente permitindo o *weathervaning* natural. Num certo número de FPSO, no entanto, uma função auxiliar de posição é fornecido pelos propulsores. Uma complicação adicional é o ângulo máximo de mudança de proa. Pode ser possível para permitir a posição de mudar um valor máximo (por exemplo, 270°) de cada lado da posição de base. Este é especialmente o caso onde a FPSO vai lidar com mais do que um tubo de subida.

Figura 34: Conexão entre FPSO e navio aliviador.



Para o posicionamento, navios deste tipo irão utilizar um GPS relativo (DARPS) referência de posição como a ajuda de colocação privilegiada, produzindo informações sobre a posição reduzida a gama de dados / rolamento a partir da localização do terminal FPSO. A outra referência de posição preferida é a Artemis, com uma estação fixa Artemis localizado no FPSO, a estação móvel localizado no aliviador. Um elo fraco identificado nestes arranjos relaciona-se com a giroscópica da FPSO. Estes dados são transmitidos para o petroleiro através do link *UHF DARPS*, o que significa que o funcionamento do *DARPS* e entrada de posição são ambos que dependem da ligação com outra UHF; Se este link tiver perdido toda a estratégia de posicionamento é comprometida.

12 ANÁLISES DE RISCO

Este capítulo apresenta os princípios de análise de risco de operações de DP. Três estudos de caso são apresentados para destacar a ampla gama de riscos diferentes embarcações DP estão expostos, e como o método de realizar análise de risco varia entre as diferentes operações de DP. Há vários desafios relacionados à realização de análises de risco de operações de DP, os quais são destacados através destes estudos de caso.

O documento começa com uma apresentação geral da metodologia de análise de risco, e as técnicas utilizadas para realizar a análise de frequência e consequências. Esta metodologia é ainda concretizada para o risco de colisão DP, seguido de três estudos de caso.

Primeiro estudo de caso é uma análise de risco de colisão DP para um navio-tanque de transporte. Existem vários comunicados de colisões de *shuttle tankers* nos últimos 15 anos no Mar do Norte, como em Emerald FSU, Gryphon FPSO, Captain FPSO, Schiehallion FPSO, Norne FPSO and Njord FSU)¹¹. A energia de impacto envolvidos nestes gamas de colisão de alguns MJ para mais de 100 MJ. Em um dos incidentes s colisão, a estrutura de suporte da torre alargamento localizado na popa do FPSO sofreu danos. O número de incidentes de colisão e suas consequências nos últimos anos demonstrou claramente a necessidade de controle efetivo de risco de colisão numa operação de alívio direta.

O estudo do segundo caso é uma análise de risco de colisão DP para um Flotel. A metodologia de análise de risco para um flotel é semelhante ao de um navio-tanque de transporte, no entanto, a operação do flotel é diferente de uma operação de carga de um navio tanque. As diferenças e semelhanças são destacadas neste caso.

O terceiro estudo de caso é apresentado para demonstrar uma análise de risco específica para uma Unidade Móvel de perfuração *Offshore* (MODU), a perfuração no modo DP. O estudo de caso está focado no risco *blowout*¹², e a probabilidade de que um cenário de perda de posição durante a perfuração pode resultar em um *blowout*. O modelo incorpora os seguintes principais parâmetros que podem influenciar o comportamento de perda de posição do equipamento, ou seja, as condições meteorológicas específicas do local, rastro deixado de equipamento no momento em que *drive-off / drift-off* acontece, *drive-off / drift-off* orientações e comportamento equipamento e movimento (via resultados de simulação no domínio do tempo), e intervenção humana em um momento diferente após um *drive-off/drift-off*. A frequência *blowout* é estabelecida usando árvores de eventos e árvores de falhas acoplados

¹¹ (Ref. Chen and Moan (2004) and Solheim (2006)

¹² Fluxo descontrolado do reservatório para o poço e deste para a atmosfera.

num software de computador chamado *RiskSpectrum*®, modelando as barreiras contra *blowout*.

12.1 Conceito de *Drive-off* e *drift-off*

Drift-off é uma perda de posição causada por uma perda parcial ou total de um *thruster* que conduz a embarcação / instalação DP à deriva. Ele pode ser causado por uma falha do sistema de energia, falha do sistema de propulsores, falha do sistema de controle de DP (controle do DP, sistemas de referência ou sensores ambientais), insuficiência de combustível ou erro do DPO.

Já o *drive-off* é uma perda de posição causada por uma força indevida e indesejável aplicada ao sistema DP ou uma instabilidade do sistema de controle de DP levando a embarcação / instalação DP para seguir em uma direção indesejável (cabeceio, avanço/recuo e abatimento). Ele pode ser causado por uma falha de propulsores (*frozen pitch/RPM* e/ou azimute), uma falha do sistema de referência, uma falha comum em dois ou mais sistemas de referência, uma falha do sistema de controle de DP, erro do DPO e mudanças bruscas de tempo/corrente.

12.2 Metodologia de Análise de Risco

Instalações de petróleo e gás *offshore* estão expostas a diversos riscos, tais como vazamentos de hidrocarbonetos, impactos externos, perda de estabilidade, e muitos mais. Um proprietário de ativos deve sempre realizar a avaliação de risco, a fim de identificar potenciais perigos relacionados com a operação do ativo, para avaliar os riscos ligados à segurança, meio ambiente e recursos, e de apresentar risco reduzindo medidas que eliminem ou reduzam o nível de risco.

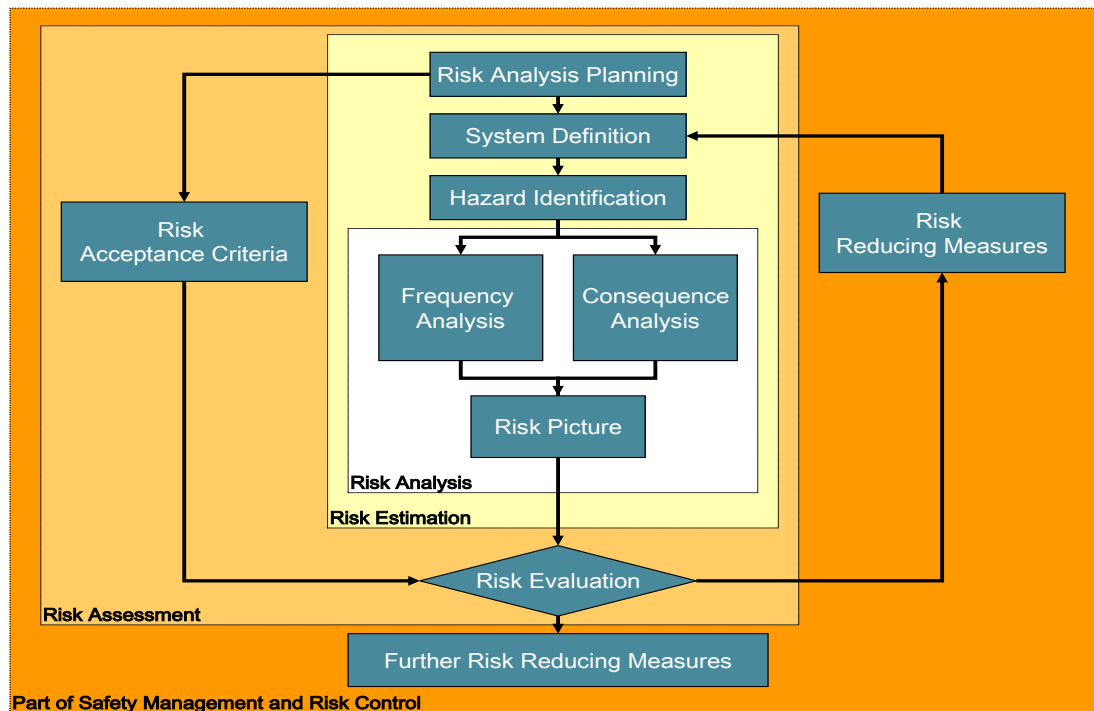
Requisitos para avaliações de risco podem ser encontrados nos regulamentos de muitos países, bem como os requisitos internos definidos pelo proprietário do ativo. Assim, os requerimentos para avaliações de risco podem variar dependendo da localização, tipo de ativo, proprietário do ativo, etc. A avaliação de risco deve, contudo, ser performada independentemente de existirem requisitos regulatórios e avaliação de risco também pode exceder regulamentos regulatórios, se necessário.

A figura ilustra o processo típico de estimativa de risco, análise de risco e risco de evolução. A análise de risco é realizada para os perigos identificados, e consiste em uma

análise de frequência e uma consequência da análise. Este trabalho se limita a esta parte da avaliação de risco.

Os resultados da análise de risco devem ser comparados no sentido de aceitação de critérios de risco para ver se são necessárias medidas de redução de risco adicional para obter um nível de risco aceitável.

Figura 35: Diagrama de bloco da metodologia da análise de risco.



Fonte: Risk Analysis of DP Operations – Principles, Case Studies and Challenges, 2015.

12.3 Análises de frequência

A análise da frequência está focada nos eventos iniciadores que são identificados na identificação de perigos. Se a análise de risco envolve vários eventos iniciadores, estas geralmente podem ser tratadas separadamente, assumindo que iria ocorrer independente de cada outro. A análise de frequência pode consistir em uma análise das estatísticas de acidentes e de falha, e / ou uma análise explícita, como *Fault Tree Analysis (FTA)* ou *Reliability Block Diagram (RBD) modeling*.

A análise de estatísticas de falha acidente requer o conhecimento de, e o acesso a bases de dados relevantes e fontes de dados, e o entendimento de como aplicar os dados de se corretamente na análise de risco. Já se uma análise explícita for escolhida como base para a análise de frequência, é importante que um (FMEA) tenha sido conduzido de modo a ter

uma compreensão das consequências de um único componente que venha a falhar, e para entender a arquitetura do sistema e redundâncias.

12.4 Análises das consequências

Uma consequência análise é realizada para cada um dos eventos iniciadores que são quantificados na frequência de análise. A análise da consequência é um termo usado em um sentido amplo, incluindo tanto a modelagem consequência (ou seja, a estimativa de cargas acidentais), modelagem de escalada, a estimativa de resposta a cargas acidentais, e modelagem árvore de eventos. Alguns exemplos de análise de consequências na indústria de petróleo e gás são dados abaixo:

- O vazamento de substâncias inflamáveis: modelagem de liberação (montantes, taxas, duração, etc.), Estimativa de probabilidade de ignição, cálculos de carga de incêndio e explosão, cálculos de resposta.

- *Blowouts*: modelagem de liberação, cálculos derivados do derramamento de óleo.

- Impactos externos (colisão, carga balançando/ caindo, acidente de helicóptero): Cálculo da distribuição de energia, o cálculo da resposta, distribuição de carga e distribuição de impulso.

O objetivo é prover o operador com um aviso prévio de que uma simples falha poderá potencialmente resultar em “thrusters” disponíveis insuficientes para atender demanda de corrente. Com isso, o operador terá tempo para selecionar mais *thrusters* ou geradores ou reduzir a demanda do modulo de controle e geralmente dois tipos de falha são considerados: “thrusters” ou barramento.

12.5 Metodologias de análise de risco de colisões de operações DP

Um dos principais riscos relacionados com operações de DP é o risco de colisão. *Risk Collision* é caso específico e dependente sobre o tipo de operação DP. *Lloyds Register Consulting (LRC)* tem desenvolvido uma melhor prática metodológica de análise de risco de colisão de operações de DP:

- Posição análise de frequência de perda: A frequência de ocorrência estatística de *drift-off* e *drive-off* para um navio DP é estimado através da utilização de fontes de dados

disponíveis. LRC desenvolveu tais frequências para a embarcação DP2 / DP3, usando fontes de dados disponíveis, tais como a estação IMCA. Para que um navio DP sujeito a análise de risco de colisão, todos os incidentes de perda de posição e históricos disponíveis em fontes de dados são avaliados com relevância para a respectiva embarcação DP. O sistema DP que tem o navio está sendo novamente revisto pelo armador e pelo operador. Um tributo importante para esta análise é DP FMEA, DP ensaios de relatórios, testes *HIL*, bem como informações específicas sobre configuração do sistema DP para a operação em questão. As frequências de perda de posição são específicas do navio e são obtidas a partir dessa análise.

- O posicionamento e a orientação da embarcação DP relativamente às instalações vizinhas / navios podem variar durante a operação de DP. O leque de posição e orientação deve ser definido durante a análise de risco de colisão.

- Características do navio DP durante um cenário *drift-off* e *drive-off* têm de ser analisados. A velocidade de deriva e direção são regidos pelas forças ambientais aplicadas ao navio, bem como dimensões do reservatório. Um cenário unidade de saída também é dependente da direção de tração-fora, a força propulsor, bem como a resposta do operador DP. Uma característica de uma análise de consequência detalhada de uma embarcação DP podem exigir simulações hidrodinâmicas a ser realizada tanto para a *drift-off* e *drive-off*, e análise de confiabilidade humana (HRA), a ser realizada para analisar as ações do operador DP e a probabilidade de falha no caso de um *drive-off*.

- Os cenários de colisão são analisados com base nesses resultados. As energias da colisão são derivadas das curvas de resposta do navio, que podem ser avaliadas em relação a capacidade estrutural.

13 ANÁLISES DE RISCO DE COLISÃO DE OPERAÇÕES EM DP PARA SHUTTLE TANKER

13.1 Estudo de caso

A descarga direta feita por um navio aliviador é projetada com cinco etapas principais, ou seja, se aproximando, fazendo a ligação, a carga, o desligamento e a partida. A figura ilustra os princípios de um descarregamento direto. O *shuttle tanker* está posicionado no setor verde (setor de carga) em uma operação normal, com distância de separação nominal de 250 m. A zona (setor azul) é projetada para que o navio aliviador parar o transporte de linhas a partir da instalação, sem distância de separação nominal de 150 -175 m. Há uma mangueira de carregamento, mas nenhum cabo de atracação, de ligação entre o navio e a instalação. Se o navio de alívio está no setor amarelo existe um problema de posicionamento e de carga de óleo deve ser parada pelo ESD1. O limite vermelho significa que navio tanque tem uma perda de posição, e o operador de DP deve ativar o ESD2 para desligar a mangueira de carregamento do *shuttle tanker* imediatamente.

Figura 36: Distância dos círculos de segurança de operações de alívio.

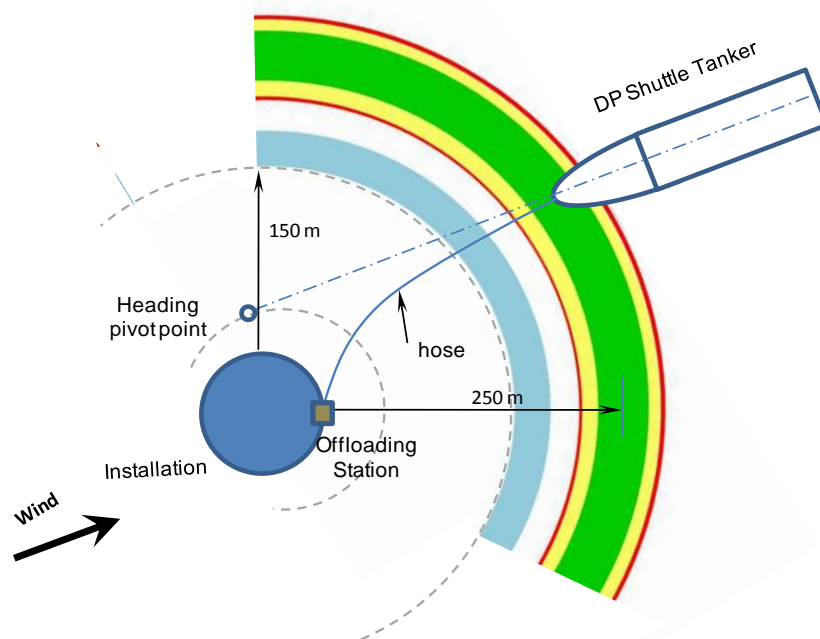


Illustration drawing: The size and distance are not to scale.

Fonte: MAERSK DP Training Manual. 2013.

Esta posição durante o descarregamento direto de um navio aliviador, normalmente, não está indo em direção à instalação. Este é um recurso de segurança bom, pois um *drive-off*

para vante provavelmente não vai causar uma colisão. *Drive-offs* para vante durante uma guinada acontece raramente.

13.2 Frequências da perda de posição

Os cenários de perda de posição que são preocupantes para este estudo de caso são os *drive-offs*. Supõe-se que a operação é planejada de tal forma que todos os cenários *drift-offs* vão evoluir de uma forma que os navios aliviadores estão se afastando da instalação.

Fontes de dados disponíveis a partir do IMCA e HSE foram usadas para derivar um histórico relevante de incidentes com DP em navios aliviadores. Havia um total de 19 acontecimentos de *drive-offs* encontrados no conjunto de dados, e o tempo total de DP, em sumo de 24 horas por carga, atingindo 307533 DP horas. Isto dá um *shuttle tanker* DP com uma frequência de *drive-off* de: $\frac{19}{307533} = 6.18 \times 10^{-5}$ por DP hora.

13.3 Consequências da perda de posição

A consequência de uma colisão é danos estruturais ao aliviador e / ou instalação de transporte, dependendo da energia de colisão e capacidade estrutural. Para cenários de perda de posição não causando uma colisão, a consequência será derramamento de óleo, se houver falha do disco de emergência na ligação. Normalmente, existem várias barreiras de segurança no local, a fim de minimizar a falha de corte de emergência.

13.4 Resultados

O estudo de caso do navio aliviador mostra que uma operação de descarga direta tem uma frequência de colisão total de apenas 1 % do valor para a operação conjunta de descarregamento. As principais razões são as seguintes:

- A filosofia do posicionamento do aliviador com o petroleiro é tal que, normalmente, não vai em direção a instalação. Isto reduz significativamente o tempo de exposição de risco de colisão em que um *drive-off* pode ocasionar em uma colisão.

- A distância de separação grande (250 m) também forneceram ao operador DP tempo suficiente para reagir caso um *drive-off* aconteça enquanto ocorrem as instalações.

14 ANÁLISES DE RISCO DE COLISÃO DE OPERAÇÕES DE DP PARA FLOTEL

14.1 Estudo de caso

Este estudo de caso apresenta uma semissubmersível estabilizada com uma unidade de alojamento DP3 que é designada para servir a uma unidade de produção ou plataforma de perfuração com facilidades de acomodação e de escritório. As duas instalações serão conectadas com uma prancha telescópica. O posicionamento do flotel é neste caso apenas DP, e não utiliza assistência de um propulsor de amarração.

A instalação pode ser fixa ou flutuante. A flutuante teria movimentos de baixa frequência que são perceptíveis em relação à onda, ao balanço e a guinada que o flotel. Com isso, o modo de DP que o flotel pode ser operado em função desses movimentos é *following target mode*.

Figura 37: Flotel conectado à plataforma.



Fonte: Portal marítimo.

O risco de colisão dada pela perda de posição do flotel é creditado ao *drive-off* e ao *drift-off* modos de falha de cenários de quando o navio está se movendo mais perto de uma plataforma vizinha. A avaliação de risco de colisão entre o flotel e plataforma inclui:

- Estimativa de perda de posição DP com relação à frequência de cenários de *drive-off* / *drift-off* com base nos ajustes de um dado histórico de incidentes de perda de posição para os navios DP3 e para as unidades flotel.

- Análise de Confiabilidade Humana (HRA) das ações do operador DP durante operações de DP do flotel. O HRA inclui a estimativa de probabilidade de erro humano (HEP) do operador DP não executar as ações corretas dentro do tempo disponível em um *drive-off* ou cenário de *drift-off*.

- Consequências de uma colisão *drive-off* e *drift-off* baseado em um impacto enérgico, a distância ao alvo, a velocidade do *drive-off* e *drift-off* e a condição ambiental do local.

14.2 Análises de frequência

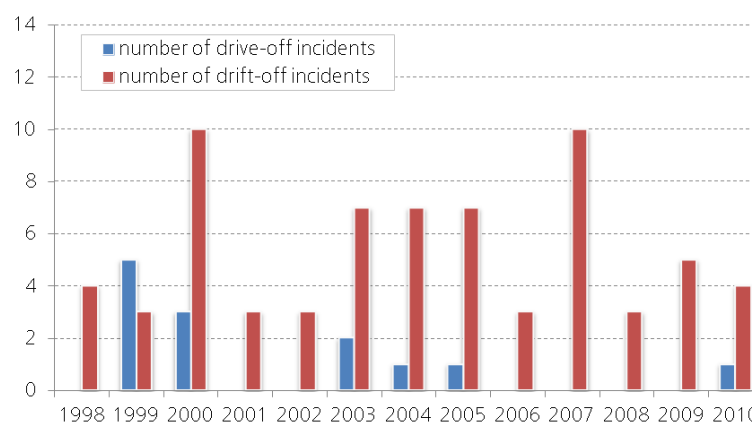
Para derivar as frequências de perda de posição, as seguintes tarefas foram executadas:

- *DP safety workshop* com a participação de operador DP da embarcação, engenheiros-chefe e superintendente para identificar possíveis cenários que possam causar perda de posição, e avaliar qualitativamente barreiras que minimizem esses cenários de acontecerem.

- Avaliar a frequência de *drive-off* / *drift-off* baseado em dados de incidentes de manutenção de estação da IMCA, e incidentes do trato e que são relevantes para DP3, identificar causas e contribuinte para perda de posição, com foco sobre a maioria dos incidentes de DP, a fim para obter resultados representativos para o navio.

- Avaliar *drift-off* e cenários/contribuições de *drive-offs* de várias causas, e avaliar a aplicabilidade ao navio, por considerar concepção e barreiras operacionais como identificados nos *workshops*, concluir as frequências ajustadas de perda de posição que são aplicáveis ao navio.

Figura 38: Frequências de incidentes com DP (IMCA 2000-2010).



Fonte: Risk Analysis of DP Operations – Principles, Case Studies and Challenges, 2015.

14.3 Consequências da colisão

A principal consequência preocupante para um cenário de *drive-off/drift-off* de um flotel é o impacto direto com a plataforma vizinha. O pior cenário foi atribuído ao impacto em alta velocidade com condições meteorológicas de tempo e as condições do mar severas, levando a danos graves aos *pontoons*¹³ e a potencial escala de emborcar o flotel.

Para cenários de *drive-off* envolvendo 100 % dos *thrusters* e não existindo intervenção do operador, a energia do impacto é calculada em 65 MJ. Para um *drive-off* envolvendo 50 % do impulso total e não há ocorrência de intervenção do operador, a energia do impacto é de 30 MJ dada a velocidade máxima possível de 2.5 kts.

Os cenários *drift-off* não pode levar à colisão de alta velocidade de impacto, dada a menor distância possível de deriva da plataforma. Condições de mar e corrente severos são as piores situações para um *drift-off*. Velocidades de *drift-off* para esses cenários não são simuladas, por isso são necessárias avaliações sobre a probabilidade que um *drift-off* provoca danos bem graves. Modelos hidrodinâmicos e simulação do navio para diferentes critérios ambientais podem ser feito para determinar com mais precisão a colisão com desprendimento de energia.

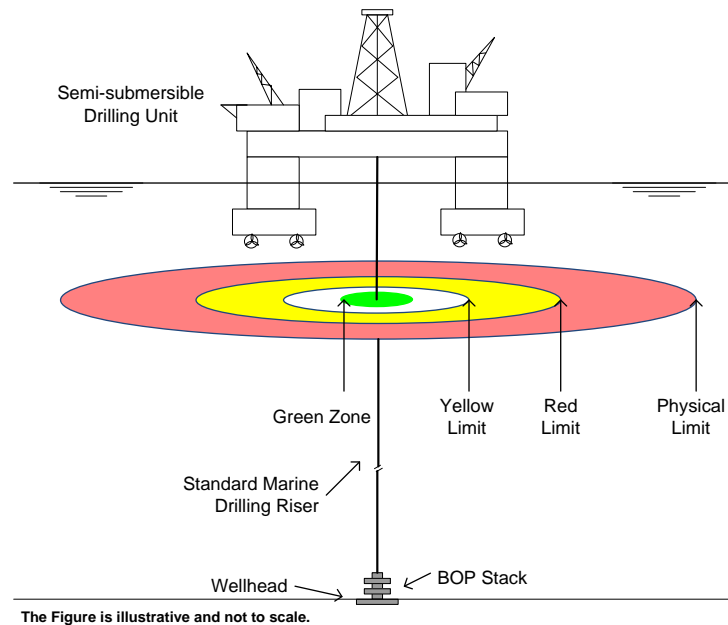
¹³ Pontoon: Instalação submarina utilizada numa plataforma semissubmersível, com o objetivo de manter a estabilidade dessa unidade marítima.

15 MOBILE OFFSHORE DRILLING UNITS (MODU)

15.1 Estudo de caso

Unidades móveis de perfuração *offshore* (MODUs) incluem tanto os equipamentos de perfuração, as semissubmersíveis e os navios de perfuração. Neste estudo de caso é uma plataforma de perfuração SS em modo de DP em um local com águas relativamente rasas (~ 300 m). Em uma operação normal, o navio está posicionado dentro de certos limites de compensação e de aproamento.

Figura 39: Sonda de perfuração SS e os limites de compensação do DP.



Fonte: MAERSK DP Training Manual. 2013.

Os limites de verde, amarelo e vermelho são determinados por um número de fatores, tais como a pressão do poço, tempo, modelo do pacote de intervenção, a profundidade da água, etc. Se o navio passa o limite de amarelo, operações de poço devem ser interrompidas e o operador começa a se preparar para a desconexão. Se o navio passa o limite vermelho, que é definida como uma perda de posição incidente neste estudo de caso, Sistema de Desconexão de Emergência (EDS) deve ser iniciado a fim de desconectar o *riser* e fechando no poço usando o *Blowout Preventer* (BOP). A falha de desconexão pode resultar em danos do equipamento (por exemplo, quebra de *riser*), ou ao poço, que pode no pior caso vir a ser um *blowout*.

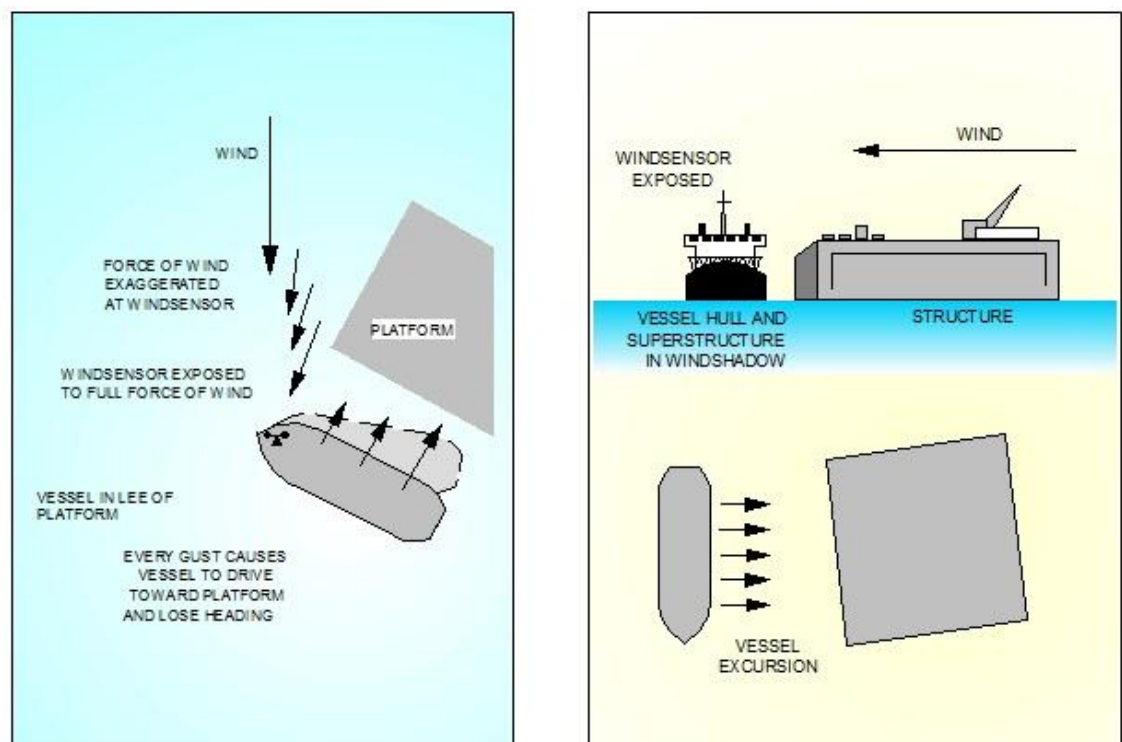
A EDS normalmente pode ser ativada a partir de diferentes painéis diferentes do BOP ou em um painel de controle da perfuradora ou no painel de controle do supervisor. O manual do EDS também pode ser iniciado a partir do *console* DP pelo operador. De acordo com os procedimentos de emergência, o operador DP deve ativar o EDS no caso de uma de perda de posição.

A distância limite do círculo de segurança vermelho leva em conta o tempo que leva para completar uma sequência de EDS, a velocidade de *drive-off/drift-off* de uma plataforma e o limite físico de curvatura para o *riser*. O *red limit* é específico do local, e pode basear-se na pior situação de perda de posição. Mas para águas rasas, o limite do círculo vermelho pode ser impraticavelmente pequena usando essa abordagem.

A direção de um *drive-off* pode em teoria acontecer em qualquer direção. Para limitar a quantidade de ações utilizadas neste estudo, apenas *drive-offs* para Norte, Sul, Leste e Oeste serão consideradas. A direção de um *drive-off* é considerada uniformemente distribuída entre as direções. Ventos colineares, onda e corrente são assumidos a partir do Norte. Devido à simetria, apenas três direções de *drive-off* são modelados:

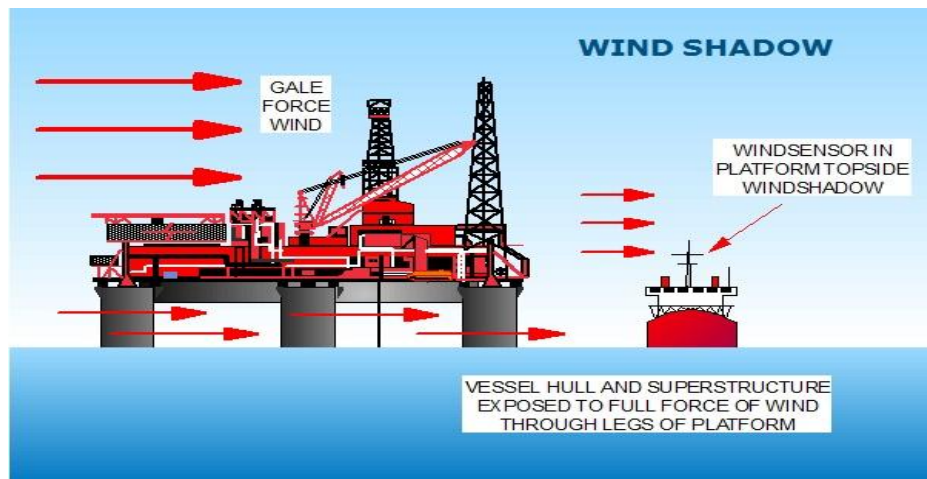
- *Drive-off* no sentido do tempo (25% de probabilidade), conhecida pela aproximação pelo LEE SIDE de uma plataforma;

Figura 40: Esquema de aproximação pelo *lee side* da plataforma.



Fonte: MAERSK DP Training Manual. 2013.

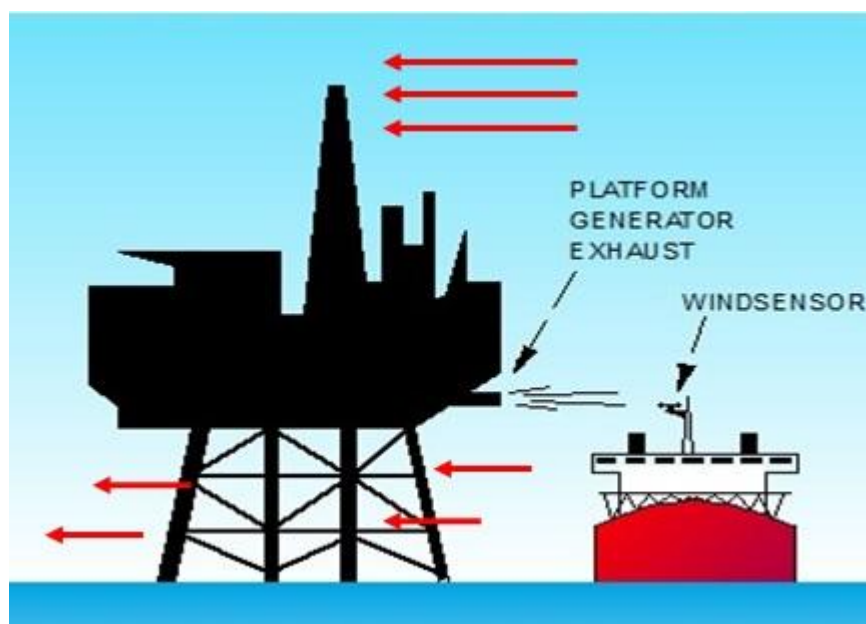
Figura 41: Navio posicionado no lado de sombra da plataforma.



Fonte: MAERSK DP Training Manual. 2013.

- *Drift-off* perpendicular ao clima (50% probabilidade);
- *Drift-off* com o clima (25% de probabilidade), conhecida pela aproximação pelo WEATHER SIDE de uma plataforma.

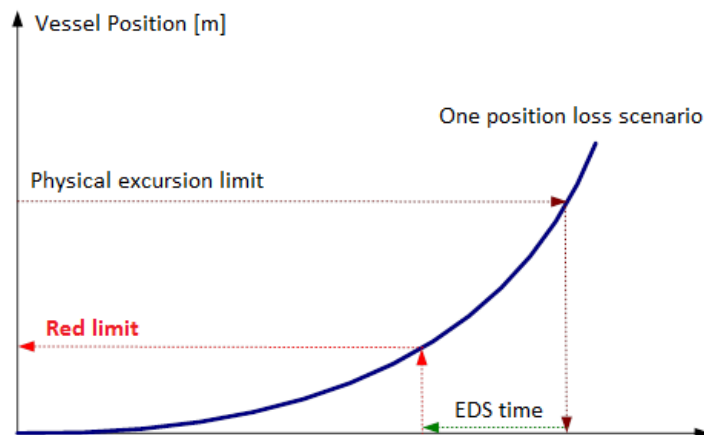
Figura 42: Esquema de aproximação pelo *weather side* da plataforma.



Fonte: MAERSK DP Training Manual. 2013.

Já a intervenção humana simulada é transformar um *drive-off* em *drift-off*. Trata-se de ação para parar todos os thrusters de uma vez que a plataforma está em uma situação de *drive-off*. Para este caso, assume-se que o operador DP acionou o modo *joystick manual*, e aplica nenhum comando aos thrusters. É esperada uma desaceleração dos propulsores em 22 segundos antes que eles estejam totalmente parados. O tempo até que a intervenção humana tenha iniciado para parar propulsores foi modelado com base na entrada da LRC com estudos anteriores em plataformas semelhantes, e é modelada com uma distribuição contínua, da mesma forma como para o estudo de caso do navio aliviador. A intervenção humana depois de um *drive-off* vai diminuir a velocidade da plataforma e um *drive-off*, então, convergirá para um *drift-off*.

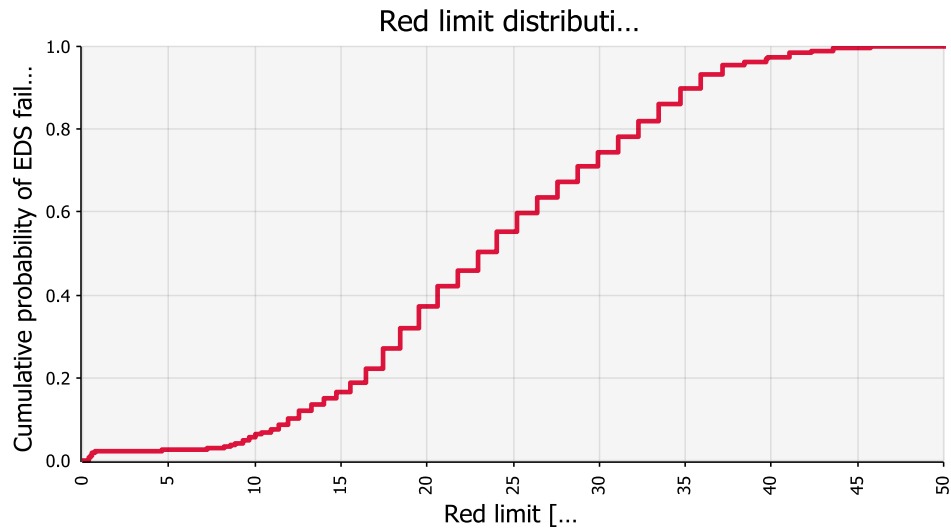
Figura 43: Derivação do *red limit* por perda posição.



Fonte: Risk Analysis of DP Operations – Principles, Case Studies and Challenges, 2015.

Os resultados da modelagem probabilística de cenários de *drive-offs* são as distribuições dos limites do círculo de segurança vermelho, como ilustrado na figura a seguir. Os resultados são utilizados para determinar a probabilidade de falha do EDS para uma dada escolha do *red limit*. Esse limite pode ser definido com base na avaliação do operador sobre o que é uma probabilidade aceitável da probabilidade de falha do EDS. A probabilidade de falha do EDS bem sucedida é elevada se o limite de vermelho é estabelecido baixo, e vice-versa.

Figura 44: Resultados do *red limit* e probabilidade cumulativa de falha do EDS em drive-offs.



Fonte: Risk Analysis of DP Operations – Principles, Case Studies and Challenges, 2015.

A tabela a seguir apresenta a seleção de tamanhos do limite vermelho para diferentes probabilidades de sucesso do EDS, tanto para o caso base (média ponderada de todos os cenários *drive-offs* simulados representados), e para dois cenários extremos (velocidade do vento de 25 m/s em um *drive-off*, *drive-off* com / para a direção do vento).

Tabela 1: Tamanhos do *red limit* contra diferentes probabilidades de sucesso do EDS para caso base e dois casos climáticos extremos, com cenário de *drift-off*.

Probabilidade de sucesso do EDS	Tamanho do círculo de segurança vermelho		
	Caso base	Pior caso as condições ambientais	
		Rumo ao tempo	Com o tempo
99%	0,4 m	1,5 m	0,4 m
95%	9,7 m	18,4 m	1,9 m
90%	12,0 m	20,4 m	2,1 m
80%	16,5 m	22,9 m	2,9 m
50%	22,9 m	26,4 m	6,6 m
25%	31,1 m	31,5 m	20,0 m

O estado resultado que são 99% de probabilidade de que a EDS será concluída com sucesso se o limite vermelho é definido para 0,4 m. Se o operador permite 10% de probabilidade de falha do EDS no caso de uma unidade de saída, o tamanho do limite vermelho pode ser ajustado para 12 m.

15.2 Modelos de frequência da ocorrência de *blowout*

O modelo probabilístico estima que o tamanho do limite de segurança vermelho como uma função da probabilidade de falha do EDS. Uma abordagem baseada no risco é recomendada para justificar que o *red limit* deve ser usado durante as operações de perfuração em DP em um local bem específico.

Embora não há nenhum evento histórico de um caso de uma perda de posição, não significa que não possa ocorrer no futuro. Este modelo frequência de *blowout* é usado para estimar o risco de blowout associado com casos de perda de posição. Um banco de dados interno da LRC fornece um histórico de frequência de ocorrência de *blowouts* em diferentes tipos de poços.

15.3 Resultados

A tabela a seguir apresenta os resultados deste estudo de caso, onde a frequência de blowout para diferentes probabilidades de uma EDS ser realizada com sucesso (e os círculos vermelhos de segurança) são apresentados e comparados em relação ao histórico de frequência de blowout. Os resultados mostram o aumento do risco devido aos acontecimentos de perda de posição para diferentes *red limits*.

Os resultados mostram que o risco de ter uma desconexão devido a um cenário de perda de posição aumenta junto com o tamanho do círculo vermelho. O aumento do risco de cenários de perda de posição é baixo para os pequenos círculos vermelhos. O tempo disponível para operador DP para intervir um cenário de perda de posição é de grande importância quando o limite de segurança vermelho seja determinado.

O tempo de conclusão do EDS, aceleração do equipamento durante um *drive-off*, limite do desvio físico e tempo até a intervenção do operador DP são todos os parâmetros importantes que têm um grande impacto sobre o *red limit*. O DPO deve também tentar todas as medidas para reduzir a velocidade de perda de posição em um *drive-off*.

Tabela 2: Frequência de *blowout* devido à perda de posição.

Probabilidade de sucesso do EDS	Tamanho do <i>red limit</i> (m)	Frequência de <i>blowout</i> (por poço)		Incremento no risco proveniente a eventos de perda de posição
		Devido às operações de poço	Devido à perda de posição	
100%	~ 0 m	1.12E-04	1.96E-05	-
95%	9,7 m	1.12E-04	2.24E-05	2,1%
90%	12.0 m	1.12E-04	2.52E-05	4,3%
80%	16,5 m	1.12E-04	3.08E-05	8,5%
50%	22.9 m	1.12E-04	4.76E-05	21,3%
25%	31.1 m	1.12E-04	6.17E-05	32,0%

16 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho mostra que a análise de risco de operações de DP é diversificada, dependente do tipo de embarcação DP, operação e as consequências de preocupação, e pode incluir subanálises bastante complexas. A metodologia apresentada é uma abordagem recomendada para a realização de análise de risco das operações de DP. A metodologia deve, contudo, ser sempre considerada modificada para se adequar a operação DP apropriada. A necessidade de DP está relacionada com o posicionamento preciso e orientação de um navio durante uma operação determinada. Esta necessidade é evidente, pois há consequências envolvidas se o navio não é capaz de manter a sua posição durante a operação. É importante saber o risco relacionado com uma operação DP, tanto quanto provável é para um evento a ocorrer, e quais as consequências são de um evento.

Os estudos de caso destacam vários desafios relacionados à análise de operações de risco de DP. Um denominador comum para todos os casos apresentados é a estimativa dos cenários de frequência de perda de posição. As fontes de dados para incidentes de perda de posição histórica contribuem muito para esta estimativa. Mas, um pequeno número de incidentes históricos relatados em conjunto com a falta de dados sobre o número total de horas de operação DP fazem a estimativa da frequência uma parte desafiadora e crítica da análise de risco DP. Recomenda-se melhorar a comunicação de incidentes de DP e começar a relatar o número de horas de DP em operação. Os relatórios de horas de operações em DP também são recomendados para embarcações DP, onde não há incidentes de DP ocorridos.

A estação IMCA de manutenção de comunicação de incidentes está disponível para essa finalidade, e relatórios anuais são publicados que resumem cada incidente relatado, bem como proporcionar uma visão geral de todos os incidentes no ano. Esses relatórios precisam do apoio de toda a comunidade de navios posicionados dinamicamente para ser uma ferramenta de aprendizagem, de partilha e de redução do risco eficaz. Uma embarcação durante um cenário de perda de posição precisa ser descrita, a fim de saber se ela pode colidir com instalações adjacentes, e para determinar a energia de impacto. Isso pode exigir modelagem hidrodinâmica e simulação do navio para os diferentes critérios ambientais e instruções de *drive-offs*. Estas simulações são um recurso intensivo e adicionam complexidade à análise de risco.

Uma alternativa para simulações hidrodinâmicas é realizar verdadeiros *drive-offs* e *drift-offs* em forma de teste com a embarcação. Estes testes iriam, contudo, ser limitados às condições ambientais. O número de ensaios realizados também será uma desvantagem pela quantidade de simulações hidrodinâmicas que pode ser realizada, uma vez que o modelo de simulação é configurado. Uma abordagem ideal seria realizar simulações hidrodinâmicas, e para referência, as simulações para os testes reais de *drive-offs* /*drift-offs*.

A intervenção humana em um cenário de perda de posição é uma barreira importante para a colisão. O artigo apresenta duas diferentes abordagens para avaliar a confiabilidade do operador DP. Os estudos de pesquisa de tempo de reação do DPO, com base em simuladores, podem ser utilizados para derivar uma genérica probabilidade de falha do operador em função do tempo. Mas, como a confiabilidade do operador DP é um caso dependente, tanto a experiência, o treinamento e o sistema de interface homem-máquina são aspectos importantes para serem avaliados. É recomendado o treinamento em simulador em cenários de perda de posição. A Análise de Confiabilidade Humana (HRA) é uma parte importante da análise de risco de DP, que envolve uma análise qualitativa da tarefa para o operador DP, e uma análise quantitativa da probabilidade de erro humano. O HRA irá garantir o aumento da percepção de risco por parte do operador DP.

Para alguns casos, é óbvio que a consequência de uma perda de posição é, mas para outros casos, pode haver barreiras adicionais no lugar em relação a uma consequência mais grave. O estudo de caso deste último apresenta uma análise consequência avançado, onde inúmeras barreiras no sentido de *blowout* são apresentadas. O analista de risco requer um conhecimento aprofundado da operação DP a fim de desenvolver um modelo de risco que leva em conta todos os obstáculos relevantes. Levando em consideração as graves consequências associadas a um cenário de perda de posição, há uma necessidade evidente de realização de análise de risco de operações de DP a fim de saber o nível de risco e propor ações contra os riscos atenuantes.

REFERÊNCIAS

2º Conferência DP Brasil, maio de 2015, Rio de Janeiro, Brasil.

ABS. **Guide for Thrusters and Dynamic Positioning System**, 1994.

BALBINO, Dennis Luis Martins: **Familiarização de Operadores de Posicionamento Dinâmico em unidades de perfuração**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso como exigência para conclusão do curso de Aperfeiçoamento de Oficiais de Náutica, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, Rio de Janeiro.

Curso de Posicionamento Dinâmico PETROBRAS/E&P-SERV US-SS/CPSE. DPPS.

DNV-RP-E307. **Dynamic Positioning System Operation Guidance**, 2011.

FERREIRA, José Ricardo. **Noções Básicas De Embarcações Offshore**. 2015.

FELIX, Antonio: **O Sistema de Posicionamento Dinâmico**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso como exigência para conclusão do curso de Aperfeiçoamento de Oficiais de Náutica, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, Rio de Janeiro.

GJERDE, Tony; HAYASHI, Angela; CHEN, Haibo; Lloyd's Registers Consulting. **Risk Analysis of DP Operations – Principles, Case Studies and Challenges**, 2015.

IMO MSC Circular 645 (**Guidelines for Vessels with Dynamic Positioning Systems**)

IMCA. **Introduction to Dynamic Positioning**. The International Marine Contractors Association. London, 1998-2006.

JUNIOR, João Vicente De Andrade: **A importância do sistema de posicionamento acústico à bordo das unidades marítimas**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso como exigência para conclusão do curso de Aperfeiçoamento de Oficiais de Náutica, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, Rio de Janeiro.

Kongsberg Maritime. **APOS LBL and MULBL Course**. Training Manual. Rio de Janeiro. 2005.

LIMA, Danilo: **Influência nas atividades do posicionamento dinâmico na plataforma**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso como exigência para conclusão do curso de Aperfeiçoamento de Oficiais de Náutica, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, Rio de Janeiro.

MARTINS, Bruno Luiz Monteiro: **A influência das atividades solares nas plataformas semi-submersíveis de posicionamento dinâmico.** 2012. Trabalho de Conclusão de Curso como exigência para conclusão do curso de Aperfeiçoamento de Oficiais de Náutica, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, Rio de Janeiro.

MAERSK DP Training Manual. 2013.

OCEANICA UFRJ. **Embarcação Flotel.**

<http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/2012/LuizFelipe+Leandro/relat1/Relatorio1.htm>. Acessado em: 06 ago. 2015.