

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA

**CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE NÁUTICA
(APNT)**



DENNIS LUIS MARTINS BALBINO

**FAMILIARIZAÇÃO DE OPERADORES DE
POSICIONAMENTO DINÂMICO EM
UNIDADES DE PERFURAÇÃO**

Rio de Janeiro

2014

**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE NÁUTICA**

**FAMILIARIZAÇÃO DE OPERADORES DE
POSICIONAMENTO DINÂMICO EM
UNIDADES DE PERFURAÇÃO**

DENNIS LUIS MARTINS BALBINO

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, como parte dos requisitos para a conclusão do curso de Aperfeiçoamento para Oficial de Náutica.

Orientadora: Professora Gabriela de Lima Bragança

Rio de Janeiro

2014

DENNIS LUIS MARTINS BALBINO
FAMILIARIZAÇÃO DE OPERADORES DE POSICIONAMENTO DINÂMICO EM
UNIDADES DE PERFURAÇÃO

Monografia apresentada ao Centro de
Instrução Almirante Graça Aranha, como
parte dos requisitos para a conclusão do
curso de Aperfeiçoamento para Oficial de
Náutica.

Aprovado pela Banca Examinadora em: ____ de _____ de ____.

BANCA EXAMINADORA

Professora: Gabriela de Lima Bragança
Orientador

Marco Aurélio Faial Rodrigues
Professor

Monique Mota Martins
Professor

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha amada esposa
Luciana e aos meus amados filhos Arthur e
Maria Luisa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, aos meus pais, a minha mulher Luciana, aos meus filhos Arthur e Maria Luisa, a minha estimada orientadora Gabriela e a empresa atual onde trabalho Odfjell, que me licenciou dos meus afazeres de bordo para que eu pudesse fazer esse curso e a todos aqueles que de forma direta ou indireta me ajudaram na confecção desse trabalho.

“Quando você pensa que chegou ao seu limite, você descobre que pode ir um pouco mais além.”

Ayrton Senna da Silva

RESUMO

Com a contínua mudança na tecnologia dos equipamentos que compõe o sistema de posicionamento dinâmico e pela peculiaridade da atividade, tornar-se necessária a familiarização para Oficiais de Náutica que almejam à função de Operadores de Posicionamento Dinâmico a bordo de navios sonda e plataformas semi-submersíveis. Esse trabalho é uma introdução e tem o objetivo de ajudar a Familiarização dos Operadores de Posicionamento Dinâmico que desejam ingressar na atividade de perfuração de poços de petróleo.

Palavras-Chaves: Sistemas, Posicionamento Dinâmico, Operador, Introdução e Familiarização.

ABSTRACT

Due to the changes in technology of the Dynamic Positioning System and the specificity of the activity, it is necessary the familiarization process for Deck Officers who intends to become a dynamic positioning operators in drill ships and semisubmersible rigs. This work is an introduction and has the purpose to help the familiarization process of those deck officers who wants to become Dynamic Operators in the oil industry.

Keywords: Systems, Dynamic Positioning, Operator, Introduction and familiarization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Constelação do Sistema (GPS)	37
Figura 2. Princípios do Sistema GPS	38
Figura 3. Sistema GPS e Erros	40
Figura 4. Geometria dos Transmissores	41
Figura 5. Valores da Diluição da Precisão (<i>DOP</i>)	43
Figura 6. Rede <i>DGPS</i>	45
Figura 7. Diagrama de Setor de Sombra do Sinal.....	47
Figura 8. Sistema de Linha de Base Longa (<i>LBL</i>).....	52
Figura 9. Distância Obliqua (<i>Slant Range</i>)	53
Figura 10. Linha de Base Pequena (<i>SBL</i>).....	56
Figura 11. Sistemas <i>USBL</i> e <i>SSBL</i>	60
Figura 12. Linha de Base Super Pequena (<i>SSBL</i>)	61
Figura 13. Exemplo de Orientações Específicas para o Poço (<i>WSOG</i>).....	82

LISTA DE ABREVIATURAS

<i>BOP</i>	<i>Blow Out Preventer</i>
<i>DNV</i>	<i>Det Norske Veritas</i>
<i>DP</i>	<i>Dynamic Positioning</i>
<i>DP System</i>	<i>Dynamic Positioning System</i>
<i>DP Vessel</i>	<i>Dynamic Positioning Vessel</i>
<i>DPO</i>	<i>Dynamic Positioning Operator</i>
<i>DPO trainee</i>	<i>Dynamic Positioning Operator Trainee</i>
<i>EDS</i>	<i>Emergency Disconnect System</i>
<i>ERO</i>	<i>Electronic Radio Officer</i>
<i>ETO</i>	<i>Electrical Technical Officer</i>
<i>FMEA</i>	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
<i>GDOP</i>	<i>Geometrical Dilution of Precision</i>
<i>GPS</i>	<i>Global Positioning System</i>
<i>HDOP</i>	<i>Horizontal Dilution of Precision</i>
<i>HF</i>	<i>High Frequency.</i>
<i>HV</i>	<i>High Voltage</i>
<i>IMCA</i>	<i>International Marine Contractors Association</i>
<i>IMO</i>	<i>International Maritime Organization</i>
<i>LBL</i>	<i>Long Base Line</i>
<i>LMRP</i>	<i>Lower Marine Riser Package</i>
<i>LSBL</i>	<i>Long Short Base Line</i>
<i>LSSBL</i>	<i>Long Super Short Base Line</i>
<i>MF</i>	<i>Medium Frequency</i>

<i>MRU</i>	<i>Motion Reference Unit</i>
<i>NMD</i>	<i>Norwegian Maritime Directorate</i>
<i>OIM</i>	<i>Offshore Installation Manager</i>
<i>PDOP</i>	<i>Positional Dilution of Precision</i>
<i>PID</i>	<i>Proportional–Integral–Derivative</i>
<i>POD</i>	<i>Point of Disconnect</i>
<i>PPS</i>	<i>Precise Service Positioning</i>
<i>ROV</i>	<i>Remotely Operated Underwater Vehicle</i>
<i>SBL</i>	<i>Short Base Line</i>
<i>SSSD</i>	<i>Signal Shadow Sector Diagram</i>
<i>SPF</i>	<i>Single Point Failure</i>
<i>SPS</i>	<i>Standard Position Service</i>
<i>STCW</i>	<i>The International Convention on Standards of Training, Certification & Watchkeeping for Seafarers</i>
<i>TDOP</i>	<i>Time Dilution of Precision</i>
<i>UPS</i>	<i>Uninterruptable Power Supply</i>
<i>USLBL</i>	<i>Ultra Short/Long Base Line</i>
<i>VDOP</i>	<i>Vertical Dilution of Precision</i>
<i>VRU</i>	<i>Vertical Reference Unit</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1 PRINCÍPIOS PARA TODAS AS EMBARCAÇÕES DE POSICIONAMENTO DINÂMICO (DP)	17
1.1 Definições	17
1.1.1 <i>Embarcação posicionada dinamicamente (DP Vessel)</i>	17
1.1.2 <i>Sistema de posicionamento dinâmico (DP System)</i>	17
1.1.3 <i>Manter posição (Position Keeping)</i>	17
1.1.4 <i>Redundância (Redundancy)</i>	18
1.1.5 <i>Sistemas de controle do DP (DP Control system)</i>	18
1.1.6 <i>Sistema de potência (Power system)</i>	18
1.1.7 <i>Sistema de computador (Computer system)</i>	19
1.1.8 <i>Propulsores (Thrusters)</i>	19
1.2 Filosofia Básica	19
1.3 Características do Equipamento do DP	20
1.4 Classe do Equipamento	21
1.4.1 <i>Equipamento classe 1</i>	21
1.4.2 <i>Equipamento classe 2</i>	21
1.4.3 <i>Equipamento classe 3</i>	22
1.5 Básicos do Posicionamento Dinâmico	22
2 TREINAMENTO	24
2.1 Tipos de Treinamento	24
2.2 Registro de Treinamento	24
2.3 Cursos de Treinamento para Operadores de Posicionamento Dinâmico	25
2.3.1 <i>Conteúdo do curso de familiarização de posicionamento dinâmico</i>	27

2.3.2	Curso de treinamento para técnico eletricista (ETO)/Técnico em eletrônica (ERO).....	27
2.3.3	Curso de treinamento para oficiais de máquinas.....	28
2.3.4	Curso de treinamento para eletricistas.....	28
3	ATRIBUIÇÕES DE PESSOAL A BORDO LIGADOS A DP.....	29
3.1	Comandante e o Gerente da Instalação em Alto Mar.....	29
3.2	Operador de Posicionamento Dinâmico Sênior.....	30
3.3	Chefe de Máquinas e Oficiais de Máquinas.....	31
3.4	Técnico Eletricista (ETO) e Técnico em Eletrônica (ERO).....	31
3.5	Eletricista.....	32
4	FAMILIARIZAÇÃO.....	33
4.1	Procedimento.....	33
5	SENSOR DE REFERÊNCIA DE POSICIONAMENTO GLOBAL POR SATÉLITE (GPS).....	35
5.1	Princípio do Sistema.....	38
5.2	Precisão do GPS.....	39
5.3	Fontes de Erro.....	40
5.4	Diluição da Precisão/ <i>Dilution of Precision (DOP)</i>	41
6	SENSOR DE REFERÊNCIA DE POSICIONAMENTO GLOBAL DIFERENCIAL - DIFFERENTIAL GLOBAL POSITIONING SYSTEM (DGPS).....	44
6.1	Introdução.....	44
6.2	Exatidão do Sistema DGPS.....	46
6.3	Desempenho e Aspectos Práticos do <i>DGPS</i>	46
7	SISTEMA DE REFERÊNCIA DE POSIÇÃO HIDRO ACÚSTICO - HYDROACOUSTIC POSITION REFERENCE (HPR).....	48
7.1	Introdução.....	48
7.2	Principais Elementos.....	48
7.3	Considerações Iniciais.....	49

7.4	Tipos de Sistemas Hidroacústicos.....	50
7.5	Sistema de Linha de Base Longa (LBL).....	51
7.5.1	<i>Introdução.....</i>	51
7.5.2	<i>Capacidade e limitações do LBL</i>	53
7.5.3	<i>Vantagens e desvantagens do LBL.....</i>	54
7.5.4	<i>Precisão.....</i>	54
7.5.5	<i>Calibração</i>	55
7.6	Sistemas de Linha de Base Pequena (SBL)	55
7.6.1	<i>Introdução.....</i>	55
7.6.3	<i>Capacidades e limitações.....</i>	57
7.6.4	<i>Vantagens e desvantagens</i>	57
7.7	Sistema de Linha de Base Ultra Pequena (USBL) e Sistema de Linha de Base Super Pequena (SSBL)	58
7.7.1	<i>Introdução.....</i>	58
7.7.2	<i>O Sistema USBL e SSBL</i>	60
7.7.3	<i>Capacidade e limitações.....</i>	61
7.7.4	<i>USBL e SSBL Vantagens e desvantagens.....</i>	62
7.7.5	<i>Precisão.....</i>	62
7.7.6	<i>Calibração</i>	63
7.7.7	<i>Sistemas combinados.....</i>	63
8	INTERFERÊNCIAS NO SISTEMA ACÚSTICO	64
8.1	Ruídos (Noise).....	64
8.2	Distância dos Propulsores.....	65
8.3	Intensidade da Potência do Transponder.....	66
8.4	Diretividade	66
8.5	Largura de Banda	67
8.6	Curvamento da Emissão	67

8.7	Interferência de vias Múltiplas.....	68
8.8	Interferência de Outras Unidades de Posicionamento Dinâmico.....	68
9	SENSORES DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO.....	70
9.1	Anemômetro (<i>Wind sensor</i>).....	70
9.2	Agulha Giroscópica.....	70
9.3	<i>VRU/MRU</i>	71
10	BÁSICO DE OPERAÇÕES DE PERFURAÇÃO EM SONDAS DP.....	72
10.1	Considerações.....	72
11	ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS DE OPERAÇÃO PARA O POÇO.....	74
11.1	Introdução.....	74
11.2	Objetivo.....	74
11.3	Conteúdo.....	75
11.4	Processos e Definições do WSOG	75
11.4.1	<i>Desconexão de emergência</i>	75
11.4.2	<i>Operação Crítica</i>	76
11.4.3	<i>Critérios para se determinar os estados degradados da operação</i>	76
11.5	Níveis de Alerta do DP	77
11.5.1	<i>Estado normal (Cor verde)</i>	78
11.5.2	<i>Estado degradado (Cor branca)</i>	78
11.5.3	<i>Estado amarelo/Preparar para desconectar</i>	79
11.5.4	<i>Estado vermelho/Desconectar</i>	80
11.5.5	<i>Estado vermelho direto/Desconectar</i>	81
11.6	Exemplo de WSOG	81
	CONCLUSÃO	83
	REFERÊNCIAS	84
	GLOSSÁRIO	85

INTRODUÇÃO

Devido à descoberta de campos de petróleo em regiões cada vez mais profundas, a alternativa mais indicada para esse tipo de exploração de petróleo passou a ser a sonda de perfuração com posicionamento dinâmico, onde operar com sondas ancoradas seria impraticável e a um custo altíssimo.

De forma resumida, *DP* é um sistema de controle que mede e quantifica propriedades ambientais (vento, maré, etc.) e envia comandos para os propulsores para combater essas forças e manter a embarcação parada ou movê-lo ao longo de uma faixa específica. O tipo de operação que a embarcação realiza irá determinar qual classe de sistema será utilizada. Automaticamente controla a embarcação, mantendo seu posicionamento e aproamento relativamente fixos em relação ao fundo do mar, exclusivamente por meio de sua propulsão. Uma vez que a sonda de perfuração esteja na locação, devidamente estabelecida e com os seus sistemas calibrados, o maior desafio profissional dos operadores é de controlar e de reduzir o potencial de perda de posicionamento, evitando uma desconexão de emergência atuando no sistema de geração de energia, propulsão, sistemas de sensores e sistemas auxiliares da embarcação.

A tecnologia de posicionamento dinâmico (*DP*) foi criada para atender as necessidades das empresas de petróleo devido à exploração de hidrocarbonetos longe da costa.

Esse trabalho tem o objetivo de apresentar sugestões para a correta indução dos Oficiais de Náutica que desejam ingressar na atividade de perfuração de poços de petróleo incluindo, mas não limitando-se a certificação, cursos de especialização da carreira e familiarização com os equipamentos e as operações extra ponte de comando.

Pode-se afirmar que os Operadores de Posicionamento Dinâmico tomam medidas imediatas em qualquer circunstância que podem comprometer a segurança da embarcação ou a operação para a qual a unidade de perfuração se destina. Ao analisar a atividade de um operador de posicionamento dinâmico em uma unidade de perfuração, serão apresentados também alguns equipamentos que este profissional gerencia e opera a bordo, sobre os quais devem ter pleno

conhecimento, atestando que estão bem treinados e capacitados para reagir em qualquer condição adversa.

1 PRINCÍPIOS PARA TODAS AS EMBARCAÇÕES DE POSICIONAMENTO DINÂMICO (DP)

1.1 Definições

1.1.1 *Embarcação posicionada dinamicamente (DP Vessel)*

Embarcação posicionada dinamicamente, ou simplesmente embarcação *DP*, significa uma unidade ou uma embarcação que automaticamente mantém sua posição numa locação fixa ou em um determinado rumo exclusivamente pela sua própria propulsão.

1.1.2 *Sistema de posicionamento dinâmico (DP System)*

Sistemas de Posicionamento Dinâmico, ou simplesmente sistema *DP*, significam uma instalação completa necessária para posicionamento dinâmico em uma embarcação que engloba os seguintes subsistemas:

- Sistema de Geração de Energia;
- Sistema de Propulsão; e,
- Sistema de Controle.

1.1.3 *Manter posição (Position Keeping)*

Manter posição significa manter uma posição desejada dentro dos parâmetros normais de excursão do sistema de controle e de condições ambientais.

1.1.4 Redundância (*Redundancy*)

Significa a habilidade de um componente de manter posição ou de restaurar sua função, quando uma falha simples (*single failure*) ocorre. Redundância pode ser alcançada, por exemplo, com a instalação de múltiplos componentes, sistemas ou alternativos meios de desempenhar uma função.

1.1.5 Sistemas de controle do DP (*DP Control system*)

Sistema de controle *DP* significa todos os componentes e sistemas, parte física (*hardware*) e a parte de programa (*software*) necessária para dinamicamente posicionar uma embarcação. O sistema de controle consiste do seguinte:

- Sistema de computadores;
- Sistema de Controle por alavanca (*joystick*);
- Sistema de Sensores;
- Painéis do operador;
- Sistema de referência de Posição; e,
- Cabeamento.

1.1.6 Sistema de potência (*Power system*)

O Sistema de geração de energia e sistema de potência significa todos os componentes e sistemas necessários para suprir o sistema *DP* com energia. O sistema de energia engloba:

- Motor Principal incluindo sistemas auxiliares incluindo os tubos;
- Geradores;
- Barramento;

- Sistema de distribuição; e,
- Cabeamento.

1.1.7 Sistema de computador (*Computer system*)

Significa um sistema composto por um ou vários computadores incluindo os programas e suas interfaces.

1.1.8 Propulsores (*Thrusters*)

Propulsores significam todos os componentes e sistemas necessários para suprir o sistema *DP* com empuxo e direção. Os propulsores incluem:

- Propulsores (*thrusters*) com unidade motora e sistemas auxiliares necessários incluindo tubos;
- Propulsores principais e leme se estes estão sob controle do sistema *DP*;
- Propulsores (*thrusters*) de controle manual e eletrônico; e,
- Cabeamento.

1.2 Filosofia Básica

Um sistema de posicionamento dinâmico totalmente operacional deve de forma confiável manter uma embarcação em posição enquanto trabalha de tal forma que a máxima excursão dos movimentos da embarcação avanço (*surge*), caimento

(sway) e cabeceio (*yaw*) e a exatidão do sistema de controle de posição deve ser igual ou menor da metade da excursão crítica para que o trabalho seja executado.¹

O sistema de controle do Posicionamento Dinâmico deve prover adequada informação para o operador tal que qualquer mudança no estado do sistema do *DP* devido ao tempo, mau funcionamento do equipamento ou ação do operador deva ser claramente indicada. A indicação deve ser tal que não seja provável que o operador erre em avaliar a gravidade e efeito da mudança de estado.

1.3 Características do Equipamento do *DP*

Embarcações de Posicionamento Dinâmico diferem em seus níveis de sofisticação e redundância e mesmo dentro de uma classe ou notificação do equipamento pode existir significantes diferenças. Independentes da classe do equipamento existem características que se aplicam a todos os sistemas de posicionamento dinâmico. É essencial que todo o pessoal-chave do *DP* saiba as consequências a serem esperadas de várias falhas, que são possíveis, na embarcação que eles se encontram. Para assistir os operadores com o pior caso de falha (*worst case failure*) para embarcações com equipamentos classe 2 e 3 o controlador *DP* para embarcações construída depois de 1 de julho de 1994 deve ter uma função contínua de análise verificando que em termos de potência e propulsão (*thrusters*) a embarcação poderá manter posição depois de um pior caso de falha.

¹ “Totalmente operacional” significa que todos os necessários equipamentos estejam trabalhando. “Confiável” significa sem falha de *hardware* ou *software* e sem causar uma interrupção no controle da posição num período de 4000 horas de operação *DP*.

1.4 Classe do Equipamento

Um sistema de posicionamento dinâmico consiste de componentes e sistemas agindo juntos para alcançar suficientemente capacidade em se manter em posição de forma confiável. A necessária confiabilidade é determinada pela consequência de uma perda da capacidade de manter posição. Quanto maior a consequência, mais confiável o sistema *DP* deve ser. Para alcançar essa filosofia os requerimentos foram agrupados em 3 classes de equipamento.

A classe de equipamento requerida para uma operação em particular deve ser acordado entre o proprietário da embarcação e o cliente baseado numa análise de risco da consequência da perda de posicionamento. Além disso, a Administração ou estado costeiro pode decidir pela classe de equipamento para uma determinada operação.

Para ajudar os proprietários, operadores e clientes a alcançarem a filosofia básica do *DP*. Essas 3 classes de equipamento foram definidas pela IMO e que são recomendadas para embarcações *DP* construídas depois de 1 de julho de 1994. As classes de equipamento são definidas pelos seus casos mais graves de falha (*Worst case failure*) como segue.

1.4.1 Equipamento classe 1

Perda de posição pode ocorrer no evento de uma falha simples.

1.4.2 Equipamento classe 2

Perda de posição não deve ocorrer no evento de um ponto simples de falha (*single point failure*) em qualquer componente ou sistema. Normalmente

componentes estáticos (cabos, tubos, válvulas manuais, etc.) não serão considerados a falhar, onde a proteção adequada de dano seja demonstrada e a confiabilidade esteja de acordo com a satisfação da administração.

O critério de ponto simples de falha (*single point failure*) inclui:

- Qualquer componente ativo ou sistema (geradores, propulsores (*thrusters*), barramentos, válvulas de controle remoto, etc.); e,
- Qualquer componente estático normalmente (cabos, tubos, válvulas manuais, etc.) que não está propriamente documentada com respeito à proteção e confiabilidade.

1.4.3 Equipamento classe 3

Para um equipamento classe 3, uma falha simples inclui:

- Perda de posição não deve ocorrer no evento de um ponto simples de falha incluindo incêndio e alagamento;
- Itens acima listados para classe 2. Qualquer componente estático é assumido a falhar; e,
- Todos os componentes em um compartimento separado à prova d'água, incêndio e alagamento.²

1.5 Básicos do Posicionamento Dinâmico

Hoje existem dois diferentes sistemas de soluções no mercado:

- Sistema de *DP* baseado no controle do Modelo; e,

² Quando uma embarcação *DP* é designada para uma classe de equipamento isto significa que a embarcação *DP* é apropriada para todos os tipos de operações *DP* dentro da classe designada e para uma classe de equipamento abaixo.

- Sistema de *DP* baseado no Proporcional Integral Derivativo (*Proportional–Integral–Derivative (PID)*) regulador.

A diferença entre essas duas soluções é que o sistema baseado no sistema *PID* regulador é capaz de corrigir o desvio somente depois de ter atualmente acontecido, mas somente o baseado no controle de modelo pode prever de forma antecipada e então de forma antecipada corrigir os desvios que aconteceram.

O sistema baseado em modelo é mais robusto no que tange a mudanças de sistema de parâmetros e mudanças de forças ambientais. Um sistema baseado no modelo também pode permanecer em posição para um pequeno período de tempo entre 5 a 15 minutos, dependendo nas condições ambientais mesmo depois de perder os seus sistemas de referências. O melhor e mais seguro sistema para usar seria o sistema baseado em modelo.

2 TREINAMENTO

2.1 Tipos de Treinamento

O treinamento do pessoal-chave do posicionamento dinâmico pode ser feito de várias formas:

- Curso de treinamento formal em terra;
- Treinamento a bordo sob supervisão de um operador experiente quando a embarcação estiver em posicionamento dinâmico, mas não quando a embarcação estiver em modo de espera (*stand by*) em águas abertas;
- Instrução a bordo com simulador de posicionamento dinâmico e exercícios;
- Instrução a bordo e familiarização para aquela embarcação em particular;
- Operação supervisionada do sistema de controle;
- Treinamento do fabricante a bordo e em terra;
- Seminários com discussões sobre operação da embarcação; e,
- Esquemas equivalentes aprovados pela empresa.

2.2 Registro de Treinamento

A quantidade de treinamento e experiência necessária para o pessoal-chave do posicionamento dinâmico deve depender do tipo de embarcação e das consequências da perda de posição durante o trabalho. É de interesse do proprietário e do armador da embarcação como também do pessoal de bordo manter o registro do treinamento e da experiência do pessoal-chave do *DP*.

A caderneta de *DP* de treinamento é emitida pelo Instituto Náutico. A caderneta de *DP* após todo treinamento exigido para um DPO é emitida pela Divisão Náutica da Associação Internacional Contratante (*Internacional Marine Contractors*

Association (IMCA)) e são designados a conter a experiência dos operadores de posicionamento dinâmico (*DPO's*) depois do treinamento normal.

2.3 Cursos de Treinamento para Operadores de Posicionamento Dinâmico

O *The Nautical Institute* (NI), por meio do *The Dynamic Positioning Training Executive Group* (DPTEG) fez em 2013, uma ampla revisão do esquema de treinamento e certificação para Operador de Posicionamento Dinâmico. O produto dessa revisão resultou em um novo “Esquema de treinamento e certificação de Operador de Posicionamento Dinâmico – 2014”, que entrará em vigor em 01 de Janeiro de 2015. Esse novo esquema trouxe mudanças significativas, que devem ser observadas com atenção. Principais alterações para o esquema de treinamento para *DPO*:

- Ao final de cada curso (básico e avançado) serão realizados exames online, pelos centros de treinamento, compostos de questões de múltipla escolha que devem ser completados em 75 minutos;
- O estágio no mar foi reduzido para 60 dias em *DP* após o curso básico mais 60 dias em *DP* após o curso avançado, num total de 120 dias em *DP*;
- A definição de “Dia em *DP*” foi alterada de um “mínimo de 1 hora” para um “mínimo de 2 horas” em *DP* por dia. O tempo de *DP* no mar, pode ser contado se o *trainee* estiver envolvido com treinamento de *DP* ativo ou passivo. Um máximo de 25% dos dias de mar podem ser tempo passivos, mas 75% do tempo de *DP* no mar *DP* deve ser feito de modo ativo. Ativo significa com propulsão, sob a orientação de um *DPO* certificado. Passivo significa sem propulsão, igualmente sob orientação de um *DPO* certificado.
- O período de estágio no mar, após o curso avançado, pode ser reduzido em 30 dias, no máximo, por meio de um “Curso de Redução de Tempo no Mar”, através de um treinamento simulado de *DP* intensivo. No Brasil,

no momento, apenas a Kongsberg e a Maersk estão credenciadas para a realização desse curso;

- O período permitido para completar todo o ciclo de treinamento foi alterado para, no máximo 4 anos;
- Como foi observado um grande número de documentos fraudados, principalmente com relação ao cálculo dos dias em *DP* no período de estágio no mar, o NI criou um sistema de cruzamento de informações com as empresas de navegação e os centros de treinamento para confirmação de dados. O oficial de náutica que fraudar o sistema será banido do esquema do NI por um período de até 5 anos;
- A partir de 01 de Janeiro de 2015, todos os certificados de *DP* emitidos pelo NI terão que ser revalidados a cada 5 anos. Estão previstos 5 casos diferentes para a revalidação. Basicamente, será necessário um mínimo de 150 dias em *DP*, no período de 5 anos, para a revalidação automática, bastando o reencaminhamento dos documentos ao NI para receber um certificado com um novo prazo de validade. No caso do *DPO* não ter cumprido um mínimo de 150 dias em *DP* nos últimos 5 anos, ele deverá realizar um novo curso avançado e um novo estágio no mar de no mínimo de 30 dias em *DP*;
- O esquema antigo, a sua política e as suas regras permanecerão válidos para aqueles que iniciarem o treinamento antes de 01 de Janeiro de 2015; e,
- Seguem, abaixo, os prazos para a revalidação dos certificados emitidos pelo NI:
 - 2015: Revalidação de certificados emitidos de 1984 a 2002, 2009 e 2010;
 - 2016: Revalidação de certificados emitidos de 2003 a 2004 e 2011;
 - 2017: Revalidação de certificados emitidos de 2005 a 2006 e 2012;
 - 2018: Revalidação de certificados emitidos de 2007 a 2008 e 2013;
 - 2019: Revalidação de certificados emitidos em 2013 e assim por diante.

2.3.1 Conteúdo do curso de familiarização de posicionamento dinâmico

O curso de familiarização deve conter o seguinte:

- Um entendimento de como o sistema de controle, sensores da embarcação e de referência de posição funcionam;
- Um entendimento da importância da redundância dos sistemas das partes dos componentes *DP*; geração de energia, distribuição da energia, *thrusters*, sistema de controle *DP*, sensores e sistemas comunicações a bordo;
- Um conhecimento de tipos de incidentes que ocorreram incluindo: derivando (*drift off*), afastando-se (*drive off*), outras partes de posição causados pelos erros do operador, falhas de equipamento ou problemas operacionais, tanto de forma singular ou em combinação;
- Uma compreensão de redundância e como é aplicada ao sistema de posicionamento dinâmico especificado pela sociedade classificadora britânica Lloyds Register, pela sociedade classificadora norueguesa Det Norske Veritas (*DNV*), pela Diretoria Marítima Norueguesa (*Norwegian Maritime Directorate (NMD)*), pela Organização Marítima Mundial (*International Maritime Organization (IMO)*) e guias da Divisão Náutica da Associação Internacional Contratante (*Internacional Marine Contractors Association (IMCA)*); e,
- Conhecimento de incidentes tais como fogo e alagamento.

2.3.2 Curso de treinamento para técnico eletricista (ETO)/Técnico em eletrônica (ERO)

Os técnicos eletricistas (ETO) e técnicos em eletrônica (ERO) devem fazer um curso de manutenção do fabricante designado para se entender o princípio de funcionamento e sistema de controle e procedimentos necessários para achar a falha. É de interesse do proprietário e do armador que se maximize a habilidade do

ETO/ERO para achar as possíveis falhas e reparar o sistema de controle, auxiliando os operadores de posicionamento dinâmico.

Os técnicos eletricitas e técnicos em eletrônica devem assistir um curso de familiarização, numa instituição aprovada ou a bordo da embarcação. É importante que eles tenham um total entendimento dos riscos e das consequências que o mau funcionamento do sistema do posicionamento dinâmico pode ocasionar.

2.3.3 Curso de treinamento para oficiais de máquinas

O Chefe de Máquinas e o Oficial de Máquinas podem ser enviados para o curso de manutenção do fabricante. À medida que os controles se tornam integrados será essencial para o Chefe de Máquinas fazer tal curso junto com os oficiais de máquinas. É de interesse do armador que se tenha pelo menos um Chefe de Máquinas ou eletricitista a bordo que tenha atendido ao curso em qualquer sistema de controle do fabricante.

O Chefe de Máquinas e os Oficiais de Máquinas devem fazer um curso de familiarização, numa instituição aprovada ou a bordo da embarcação. É importante que eles tenham um total entendimento dos riscos e das consequências que o mau funcionamento do sistema *DP* pode resultar.

2.3.4 Curso de treinamento para eletricitas

Eletricitas a bordo de embarcações com sistemas de alta voltagem (*HV*) devem fazer um curso de operação de sistemas de alta voltagem, como também instrução no sistema daquela embarcação em particular. O curso pode ser feito em um equipamento do fabricante em local determinado ou a bordo da embarcação.

3 ATRIBUIÇÕES DE PESSOAL A BORDO LIGADOS A DP

3.1 Comandante e o Gerente da Instalação em Alto Mar

Cumpra ao Capitão (Comandante):

- É o responsável em qualquer situação de emergência;
- É responsável por determinar as ações a serem tomadas em situações de emergência, pela manutenção do posicionamento, segurança, prevenção da poluição, atendimento aos regulamentos, estabilidade, navegação segura, evitar colisões, cumprimento e implementação dos Códigos ISM/MODU e treinamentos de emergência;
- Tem a autoridade e a responsabilidade de operar de maneira consistente com a proteção da vida humana, dos equipamentos e do meio ambiente. Com sua experiência e conhecimento de operações marítimas, ele tem autoridade para tomar decisões que podem afetar todas as operações de perfuração estando em *DP*;
- Trabalhar todo tempo em proximidade com o Superintendente de Perfuração e no evento de condições degradadas no *DP* deve, ou seu substituto imediato, agir de forma a garantir a segurança da tripulação, dos equipamentos e do meio ambiente.

Deve assegurar-se de que:

- Todo o pessoal técnico ou operando o sistema *DP* tenha recebido instruções adequadas e seja certificado para desempenhar suas funções. Em caso de potencial falta de pessoal adequado, o Capitão deve ser o responsável por levar tal assunto à atenção do Superintendente de Perfuração (*OIM*) e Gerente Operacional;
- Toda documentação e registros associados à operação do *DP* estejam completos e sejam distribuídos adequadamente;

- Todas as políticas do *DP*, procedimentos, princípios, ordens permanentes e orientações operacionais específicas estejam sendo observados;
- Tanto o controle do *DP* quanto seus sistemas de referência estejam totalmente operacionais e disponíveis para uso;
- Qualquer deficiência no que tange ao desempenho de equipamento ou competência de pessoal sejam reportados ao Superintendente de Perfuração e Gerente Operacional em tempo adequado;
- Exista total cooperação dos Operadores de *DP* com relação às operações de perfuração e que qualquer circunstância que possa impactar as operações no poço, sejam prontamente reportadas, tais como: Estado meteorológico, operações com barcos de apoio e etc.

3.2 Operador de Posicionamento Dinâmico Sênior

Cumpra ao *SDPO*:

- É a pessoa principal e responsável como um todo pelo serviço no passadiço, sendo o representante do Capitão no passadiço, quando este não estiver presente;
- Deve manter e/ou fazer manter todos os registros, relatórios e publicações de acordo com os padrões preconizados pela legislação em vigor e distribuir as informações adequadas ao pessoal relevante;
- Deve manter relação próxima de trabalho com o departamento de Perfuração e ter ciência das operações pertinentes, para assegurar-se de um bom desencadeamento dos trabalhos;
- Juntamente com o sondador, é uma das pessoas com a autoridade de iniciar a sequência de desconexão, se necessário. Assim sendo, é vital que mantenha contato com o sondador e cada um saiba do andamento das operações um do outro, sempre comunicando qualquer mudança nas condições existentes ou vindouras, que possam impactar nas operações;

- Deve zelar para que o acesso ao entorno dos consoles de *DP* esteja restrito às pessoas cujas atividades operacionais/administrativas assim o requeiram;
- Deve reportar imediatamente ao Capitão e ao Imediato da Embarcação quaisquer modificações que possam impactar nas operações ou no sistema de *DP*, sejam elas deliberadas ou não.

3.3 Chefe de Máquinas e Oficiais de Máquinas

O Chefe de Máquinas e os Oficiais de Máquinas deverão ser experientes e competentes para assumir o serviço na praça de máquinas e de entender os requisitos operacionais da embarcação, as consequências das falhas e otimização da redundância em equipamentos, tais como:

- Propulsores de uma forma em geral (*Thrusters*);
- Geração de energia;
- Distribuição de Potência;
- A Lógica da distribuição da Potência;
- Eles devem entender a necessidade de uma boa comunicação entre passadiço e praça de máquinas e ter conhecimento dos manuais de operação e do *FMEA*; e,
- Ele/Ela deverá possuir uma qualificação formal e aprovada *STCW* e ter feito treinamento do fabricante em qualquer sistema integrado de *DP* e em sistema de gerenciamento de energia.

3.4 Técnico Eletricista (ETO) e Técnico em Eletrônica (ERO)

Os técnicos eletricistas e eletrônica devem ser experientes em manter o controle do sistema *DP* e sistemas associados e de fazerem manutenção e verificações de rotina. Ele/Ela deve ter também um conhecimento abrangente dos

manuais de operação e da Análise de Modo e Efeito de Falha (*Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*) relacionado aos seguintes equipamentos:

- Interface dos sistemas de controle *DP*;
- Função dos computadores, testes e achar as falhas;
- Propulsores de uma forma em geral (*thrusters*);
- Força elétrica dos sensores;
- Potência e sistemas da fonte de suprimento de energia ininterrupta (*Uninterruptable Power Supply (UPS)*);
- Sistema físico dos controladores de *DP*;
- Controle dos programas do sistema *DP*;
- Ele/ela deve ser capaz de fazer testes e fazer manutenções, reparos e trocar e componentes usando como referência do manual de operação e procedimentos do fabricante. Ele/ela deve entender e saber quando um trabalho é seguro e sensato em ser feito, a necessidade de uma boa comunicação com o passageiro e com a praça de máquinas; e,
- Os técnicos eletricitas (*ETO*) e técnicos em eletrônica (*ERO*) devem possuir um curso de sistema de controle e manutenção de posicionamento dinâmico. O técnico eletricitista deve ter conhecimento de todos os barramentos e logicamente do gerenciamento de energia e ter feito um treinamento formal em qualquer sistema de gerenciamento de potência do sistema de posicionamento dinâmico.

3.5 Eletricista

Numa embarcação de posicionamento dinâmico onde o eletricitista é responsável pelo controle do sistema físico (*hardware*) do sistema de programas (*software*) do posicionamento dinâmico ele deve atingir os requerimentos exigidos para a função. Adicionalmente, se a embarcação tiver sistema de alta voltagem, ele/ela deverá possuir um certificado para operar sistema de alta voltagem.

4 FAMILIARIZAÇÃO

4.1 Procedimento

Todo *DPO*, deve ter uma familiarização da embarcação que começa lendo os manuais de operação, relatório de incidentes de *DP*, *FMEA*, manual de operação da embarcação *DP* e qualquer outro documento relacionado ao sistema de posicionamento dinâmico da embarcação. Os requisitos e a familiarização devem ser controlados a bordo para assegurar que as rotinas de familiarização são feitas. O proprietário/armador ou o operador é responsável em ter, estabelecer e manter documentos controlados a bordo da embarcação. A responsabilidade da familiarização fica com o Comandante ou com o *OIM*, como também a correta implementação de um programa de familiarização. O proprietário/armador ou o operador é o responsável em examinar se o procedimento está sendo seguido.

Na chegada a bordo da embarcação *DP* um tour de segurança e uma familiarização geral deve ser completada e deve incluir:

- O plano de emergência e as estações das baleeiras;
- O plano de segurança;
- As rotas de fuga;
- As baleeiras;
- Localização e uso dos extintores de incêndio;
- As roupas de proteção e seu uso;
- Sinais e avisos de segurança;
- Formulários e relatórios;
- Sistema de permissão de trabalho;
- Ações em caso de emergência;
- Práticas restrita;
- Sistema de gerenciamento do pessoal de bordo;
- Procedimentos e rotinas de helicópteros;
- Instrução em documentos controlados;
- Lista de descrição do Cargo;

- Carta de organização das funções a bordo; e,
- Familiarização com os procedimentos do Cliente.

Adicionalmente os operadores de posicionamento dinâmico são requeridos a terem instrução no seguinte:

- Controle do movimento da embarcação usando controle manual;
- Controle do movimento da embarcação usando o controle de alavanca (*joystick*);
- Troca entre os sistemas acima descritos;
- Entendimento geral do sistema *DP* instalado a bordo;
- Configurar a embarcação em *DP* e entender as razões para procedimentos;
- Habilidade em usar painéis do *DP* enquanto em *DP*;
- Uso das facilidades do programa do *DP*;
- Sistema de *UPS*/bateria para os computadores do *DP*;
- Gerador de emergência;
- Seqüência dos alarmes e sinais;
- General uso dos computadores do *DP*;
- Estar familiarizado com sistema e configuração dos propulsores da embarcação (*thrusters*), sensores em estado normal e em situação de emergência;
- Entendimento, uso e localização dos sensores de posição;
- Entendimento, uso e localização da geração de energia;
- Entendimento, uso e localização da propulsão (*thrusters*);
- Entendimento das funções de operação e limitações da embarcação, incluindo a capacidade da embarcação em manter posição;
- Agulha giroscópica;
- *VRU/MRU*;
- Anemômetros; e,
- Outros sistemas de entrada de informação.

5 SENSOR DE REFERÊNCIA DE POSICIONAMENTO GLOBAL POR SATÉLITE (GPS)

A tecnologia atual permite que qualquer pessoa possa se localizar no planeta com uma precisão nunca imaginada por navegantes e aventureiros há até bem pouco tempo. O sofisticado sistema que tornou realidade esse sonho e chamado GPS - *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global) - e foi concebido pelo Departamento de Defesa dos EUA no início da década de 1960, sob o nome de 'projeto NAVSTAR'. O sistema foi declarado totalmente operacional apenas em 1995. Seu desenvolvimento custou 10 bilhões de dólares. Consiste de 24 satélites que orbitam a terra a 20.200 km duas vezes por dia e emitem simultaneamente sinais de rádio codificados. Testes realizados em 1972 mostraram que a pior precisão do sistema era de 15 metros. A melhor, 1 metro. Preocupados com o uso inadequado, os militares americanos implantaram duas opções de precisão: para usuários autorizados (eles mesmos) e usuários não-autorizados (civis).

Os receptores GPS de uso militar têm precisão de 1 metro e os de uso civil, de 15 a 100 metros. Cada satélite emite um sinal que contém: códigos de precisão (P); código geral (CA) e informação de status. Como outros sistemas de rádio navegação, todos os satélites enviam seus sinais de rádio exatamente ao mesmo tempo, permitindo ao receptor avaliar o lapso entre emissão/recepção. A potência de transmissão é de apenas 50 Watts. A hora-padrão GPS é passada para o receptor do usuário. Receptores GPS em qualquer parte do mundo mostrarão a mesma hora, minuto, segundo, até milissegundo. A hora-padrão é altamente precisa, porque cada satélite tem um relógio atômico, com precisão de nano-segundo - mais preciso que a própria rotação da Terra. O receptor tem que reconhecer as localizações dos satélites. Uma lista de posições, conhecida como almanaque, é transmitida de cada satélite para os receptores.

Controles em terra rastreiam os satélites e mantém seus almanaques acurados. Cada satélite tem códigos P e CA únicos, e o receptor pode distingui-los. Os códigos P são mais complexos que os CA, e somente usuários militares podem reconhecê-los, pois seus receptores têm o valor para comparação na memória.

Receptores civis medem os lapsos de tempo entre a recepção dos sinais codificados em CA. O conceito da rádio-navegação depende inteiramente da transmissão simultânea de rádio-sinais. O controle de terra interfere fazendo com que alguns satélites enviem seus sinais CA ligeiramente antes ou depois dos outros. A interferência deliberada introduzida pelo Departamento de Defesa dos EUA é a fonte da Disponibilidade Seletiva - *Selective Availability* (AS). Os civis desconhecem o valor do erro, que é alterado aleatoriamente e está entre 15 e 100 metros. Os receptores militares não são afetados.

Existe outra fonte de erro que afeta os receptores civis: a interferência ionosférica. Quando um sinal de rádio percorre os elétrons livres na ionosfera, sofre um certo atraso. Sinais de frequências diferentes sofrem atrasos diferentes. Para detectar esse atraso, os satélites do sistema enviam o código P em duas ondas de rádio de diferentes frequências, chamadas L1 e L2. Receptores caros rastreiam ambas as frequências e medem a diferença entre a recepção dos sinais L1 e L2, calculam o atraso devido aos elétrons livres e fazem correções para o efeito da ionosfera. Receptores civis não podem corrigir a interferência ionosférica porque os códigos CA são gerados apenas na frequência L1 (1575,42 MHz). Existem receptores específicos, conhecidos como não-codificados, que são super acurados. Como desconhecem os valores do código P, obtêm sua precisão usando técnicas especiais de processamento. Eles recebem e processam o código P por um número de dias e podem obter uma posição fixa com precisão de 10 mm. É ótimo para levantamento topográfico.

Os sinais gerados pelos satélites contêm um "código de identidade", dados efêmeros (de *status*) e dados do almanaque. O código de identidade (*Pseudo-Random Code* - PRN) identifica qual satélite está transmitindo. A referência é feita aos satélites pelos seus PRN, de 1 a 32, e este é o número mostrado no receptor para indicar qual(is) satélite(s) está-se recebendo. Os dados efêmeros (de *status*) são constantemente transmitidos e contêm informações de status do satélite (operacional ou não), hora, dia, mês e ano. Os dados de almanaque dizem ao receptor onde procurar cada satélite a qualquer momento do dia. Com um mínimo de três satélites, o receptor pode determinar uma posição Lat/Long - que é chamada posição fixa 2D. Deve-se entrar com o valor aproximado da altitude para melhorar a precisão. Com quatro ou mais satélites, um receptor pode determinar uma posição

3D, que abrange Lat/Long/Altitude. Pelo processamento contínuo de sua posição, um receptor pode também determinar velocidade e direção do deslocamento. (ARVM, 2014)

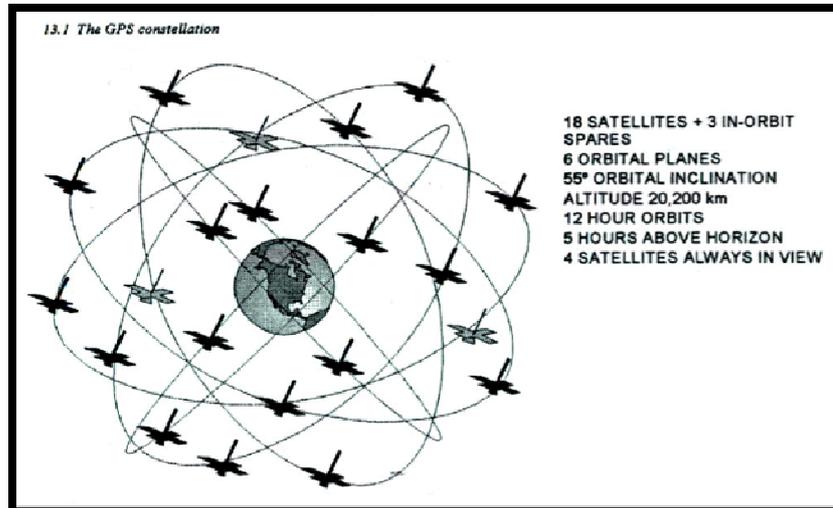


Figura 1. Constelação do Sistema (GPS)

Fonte: OPL 9 *Dynamic Positioning*

O segmento de Controle consiste de uma estação principal no Colorado Springs nos Estados Unidos, com 5 estações monitoras e 3 antenas em terra localizadas pelo mundo. As estações monitoras rastreiam todos os satélites à vista e coleta dados dos satélites. As estações monitoras enviam informações para a estação de controle, que então calculam cada órbita futura de cada satélite. Estes cálculos são então formatados em mensagens atualizadas de navegação para cada satélite e via antenas de terra transmitidas para cada satélite. Através disto, é que cada satélite sempre sabe a sua própria órbita e posição e transmite a sua posição para os usuários.

O segmento usuário consiste de receptores, processadores e de antenas que permitem operadores a receber os sinais *GPS* e computar as suas posições, altitude e tempo.

5.1 Princípio do Sistema

O conceito de operação do *GPS* se baseia na medição de distância do satélite. Cada satélite informa continuamente a hora e a sua posição. Medindo o intervalo de tempo entre a transmissão e recepção de um sinal satélite, o receptor *GPS* calcula a distância entre o usuário e cada satélite. A medição se baseia na hipótese que ambos o satélite e o receptor estão gerando o mesmo código de falso-aleatório (*pseudo-random code*) exatamente ao mesmo tempo. O tempo de viagem é calculado pela comparação do tempo de atraso, ou seja, de quanto mais tarde o código de falso-aleatório do satélite aparece comparado como código do receptor. O tempo de viagem é então multiplicado pela velocidade da luz para obter a distância.

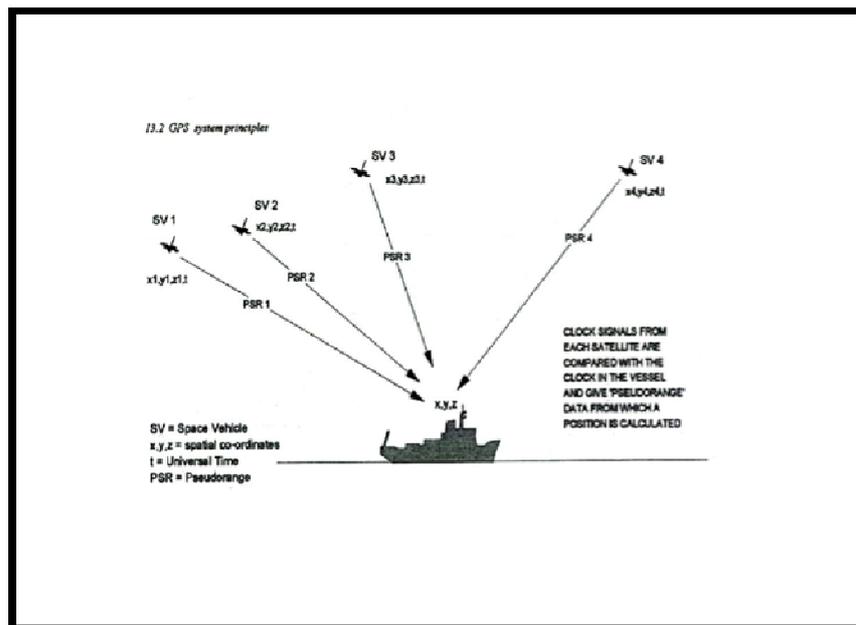


Figura 2. Princípios do Sistema GPS

Fonte: OPL 9 Dynamic Positioning

É necessário o sinal de 4 satélites para calcular latitude, longitude, altitude e tempo. Se destes é conhecido, usualmente a altitude, então necessita-se de sinais de 3 satélites. Usando os dados em um cálculo de algoritmo, posição, velocidade e tempo são calculados.

Todos os 24 satélites transmitem simultaneamente em 2 frequências 1575.42 MHz (comprimento de onda de 19 cm) e na 1227.6 MHz (comprimento de onda 24 cm – antena maior), a frequência de 1227.6 MHz não está disponível para usuários civis.

Uma vez que a frequência é a mesma para todos os satélites, a modulação deve conter características fazendo ser possível separar os diferentes sinais um do outro. Isto é alcançado usando códigos nos sinais, chamados códigos de falso-aleatório (*pseudo-random codes (PRCSs)*). O código é único para cada satélite, mas será reconhecido pelos receptores *GPS*, que é o porquê de todos os satélites poderem usar a mesma frequência sem interferir um nos outros.

5.2 Precisão do GPS

Quando o sistema foi desenvolvido o Departamento de Defesa Americano pediu que somente os usuários militares tivessem alta precisão. Entretanto *GPS* opera com 2 diferentes *Pseudo Random Codes*, um código P, que é usado para o Serviço de Posicionamento Preciso (*Precise Service Positioning (PPS)*). Este Código P é transmitido em ambas às frequências. O outro código é o Grosseiro/Aquisição (*Coarse/Acquisition (C/A)*) é usado para o Serviço de Posicionamento Padrão (*Standard Position Service (SPS)*). Este código é somente transmitido na frequência de 1575,42 MHz que é a única que civis podem receber.

Mas porque a precisão no *SPS* era alta (15-25 metros (95%)), o *SPS* foi degradado para proteger os interesses do governo americano. Este processo chamou-se Disponibilidade Seletiva (*Selective Availability (SA)*) e reduziu a precisão do *SPS* para em torno de 100 metros. Em maio de 2000 a *SA* foi desligada, resultando que na sua total precisão de 15-25 metros no nível de confiança de 95%.

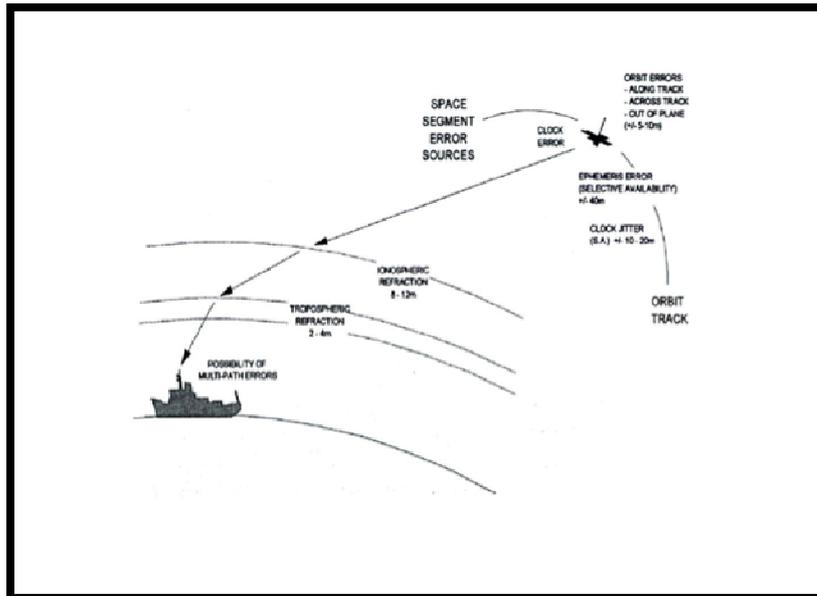


Figura 3. Sistema GPS e Erros

Fonte: OPL 9 Dynamic Positioning

5.3 Fontes de Erro

A posição *GPS* tem diferentes fontes de erro. Algumas são previsíveis e sistemáticas tais como; geometria pobre dos satélites, e outras são variáveis ou erros aleatórios tais como ondas de rádios instáveis. Todos os relógios são equipados com relógios atômicos e como de um nano segundo (10^{-9}) é igual a 0.3 metros, um erro em tempo pode ter uma significativa influência na posição.

O segmento de controle calcula cada órbita futura do satélite, mas isto pode ser difícil de prever precisamente a gravidade da Terra, atividades solares, os relógios dos satélites e os relógios das estações de monitoramento. A troposfera é a menor parte da atmosfera terrestre. Isto é onde mudanças em temperatura, pressão e umidade associada com a mudança do tempo ocorrem. Estes fatores causam vários graus de atraso no sinal. Este erro é pequeno e não depende da frequência e à medida que esse fator é conhecido o receptor pode corrigi-lo.

A ionosfera é a camada da atmosfera abrangendo em altitude de 50 a 500 km e consiste largamente de partículas ionizadas, que também causam um atraso nos sinais. O atraso diferencia dependendo da frequência, entretanto usuários

militares podem calcular esse atraso quando recebendo em ambas as frequências. Esta habilidade não está disponível para usuários civis com receptores de um simples canal somente.

O atraso da camada ionosférica está diretamente relacionado com o ciclo das manchas solares, que teve um pico em 2001. Os problemas afetaram a recepção *GPS*, especialmente nas regiões equatoriais até o período de 2004.

5.4 Diluição da Precisão/*Dilution of Precision (DOP)*

O cálculo da posição é basicamente geometria. Imagine um sistema de rádio posição medindo as distâncias de 2 transmissores terrestres para determinar a suas coordenadas horizontais. O receptor fica na intersecção das linhas circulares de posição que estão centradas nos transmissores como na figura 4:

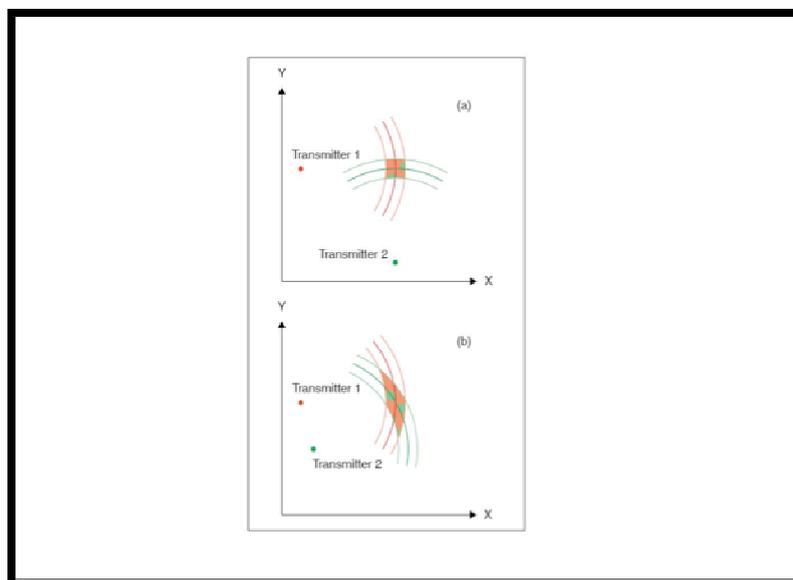


Figura 4. Geometria dos Transmissores

Fonte: Universidade New Brunswick, Canada

Existe uma incerteza, entretanto nas medições e se a localização dos círculos de distâncias será inexata e resultará em erro na posição computada. Este erro depende da geometria relacionada ao receptor e ao transmissor. Na figura 4 (a) o transmissor 1 se encontra em uma direção ortogonal a aquele do transmissor 2, então as coordenadas de X e Y dos receptores são determinados com igual precisão. Também na figura 4 (b) os transmissores estão juntos resultando em uma grande região de incerteza, com a confiança no coordenada Y sendo menor que na coordena da X. A precisão no caso (b) é diluída em comparação a aquela de (a).

Para indicar a qualidade da geometria dos satélites, os valores de diluição da precisão (*Dilution of Precision (DOP)*) são comumente usados. Baseados em fatores que são usados para os cálculos de valores de *DOP*, diferentes variantes são distintas:

- GDOP – (*Geometrical Dilution of Precision*); Diluição da Precisão Geométrica; Precisão da posição no todo; Coordenada tridimensional e tempo; Mede posição, altura e tempo;
- PDOP – (*Positional Dilution of Precision*); Diluição da Precisão da Posição; Precisão da posição; coordenada tridimensional; Mede a posição e a altura;
- HDOP – (*Horizontal Dilution of Precision*); Diluição da Precisão Horizontal; Precisão horizontal; coordenadas 2D – Mede a posição;
- VDOP – (*Vertical Dilution of Precision*); Diluição da Precisão Vertical, Precisão Vertical; Mede a altura;
- TDOP – (*Time Dilution of Precision*); Diluição da Precisão no Tempo; Precisão no tempo; Mede o Tempo.

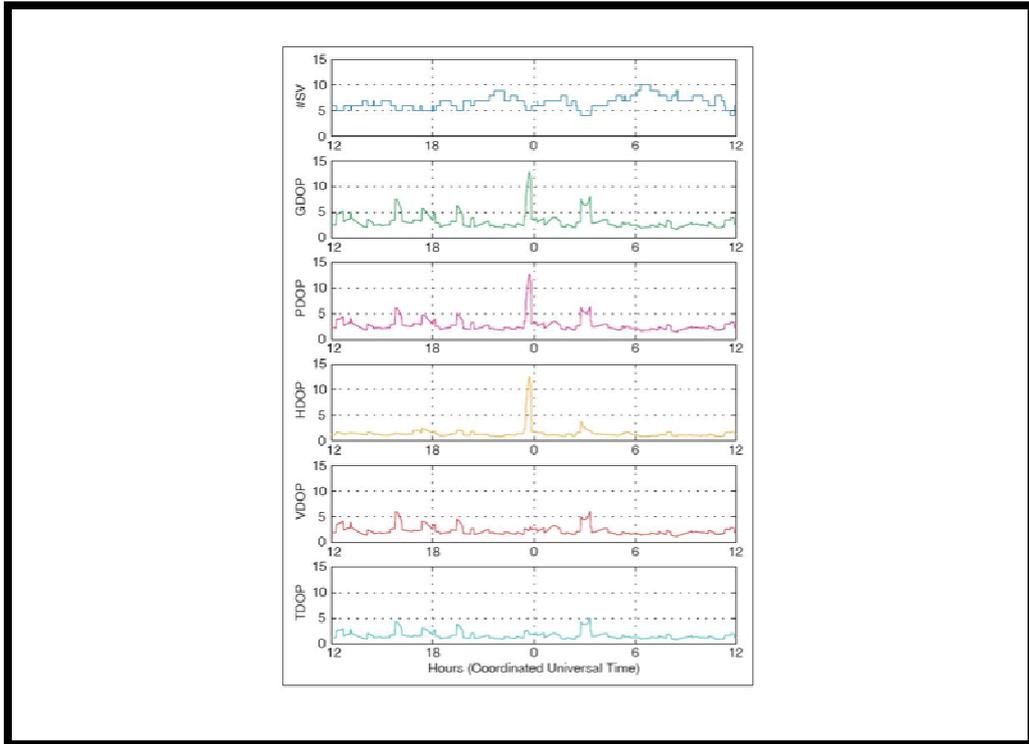


Figura 5. Valores da Diluição da Precisão (DOP)

Fonte: Universidade New Brunswick, Canada

6 SENSOR DE REFERÊNCIA DE POSICIONAMENTO GLOBAL DIFERENCIAL - *DIFFERENTIAL GLOBAL POSITIONING SYSTEM (DGPS)*

6.1 Introdução

O *GPS* Diferencial - *DGPS* - é um processo que permite ao usuário civil obter uma precisão de 2 cm a 5 m, pelo processamento contínuo de correções nos sinais. As correções são transmitidas em frequência modulada ou via satélite e são disponíveis em alguns países através de serviços de subscrição pagos. Podem também ser transmitidas por um segundo receptor ou por faróis de navegação localizados num raio de 100 km do usuário. Em ambos os casos, é necessário ter uma antena receptora *DGPS* conectada ao receptor *GPS* convencional.

Sobre os mapas, os sistemas de coordenadas são padrões de quadrados e retângulos superpostos aos mapas que permitem identificação de todo e qualquer ponto. O sistema mais usado que cobre o mundo todo é o Latitude/Longitude. Usa-se como referências a Linha do Equador - que divide a Terra em Hemisfério Norte (*N*) e Hemisfério Sul (*S*) - e a linha que passa pelos polos e pela cidade inglesa de *Greenwich* (Meridiano de *Greenwich*) - que divide a Terra em Hemisfério Oeste (*W*, de *West*) e Hemisfério Leste (*E*, de *East*). As linhas imaginárias paralelas à do Equador são chamadas de Paralelos de Latitude e suas perpendiculares, de Meridianos de Longitude. Convencionou-se que a linha do Equador é a linha 0° de Latitude e o meridiano de *Greenwich*, a linha 0° de Longitude. O meridiano oposto, a 180°, é chamado de "*International Date Line*" (Linha Internacional de Mudança de Data). O Polo Norte está na Latitude 90° Norte e o Sul, na 90° Sul. O último pedido de socorro do Titanic partiu das coordenadas localizadas no paralelo de latitude 41° e 45' acima do Equador (Hemisfério Norte) e no meridiano de longitude a 050° e 14' a oeste de *Greenwich* (Hemisfério Oeste). Assim, no sistema LAT/LONG, suas coordenadas eram: N 41° 45' W 050°14' (ARVM, 2014).

Uma variedade de provedores de serviço Diferencial mantém uma rede de comunicações de estações de referência por todo o planeta que por meio de um

computador central recebe todas as correções para cada satélite. A correção para cada satélite é transmitida para os usuários que tem uma assinatura para receber essas correções. As correções podem ser transmitidas por via de Alta Frequência (*High Frequency (HF)*) ou por dedicados satélite de comunicações do sistema (*Spotbeam*) ou (*Inmarsat*). Estas correções diferenciais são então aplicadas para corrigirem as falsas distâncias em cada satélite recebido pelo *GPS* na embarcação.

Uma técnica mais comumente usada é a da rede DGPS. Nesta rede, o sistema irá acessar a informação de mais de uma estação de referência dentro da rede. O sistema usado é então, capaz de computar a melhor posição de uma variedade de dados.

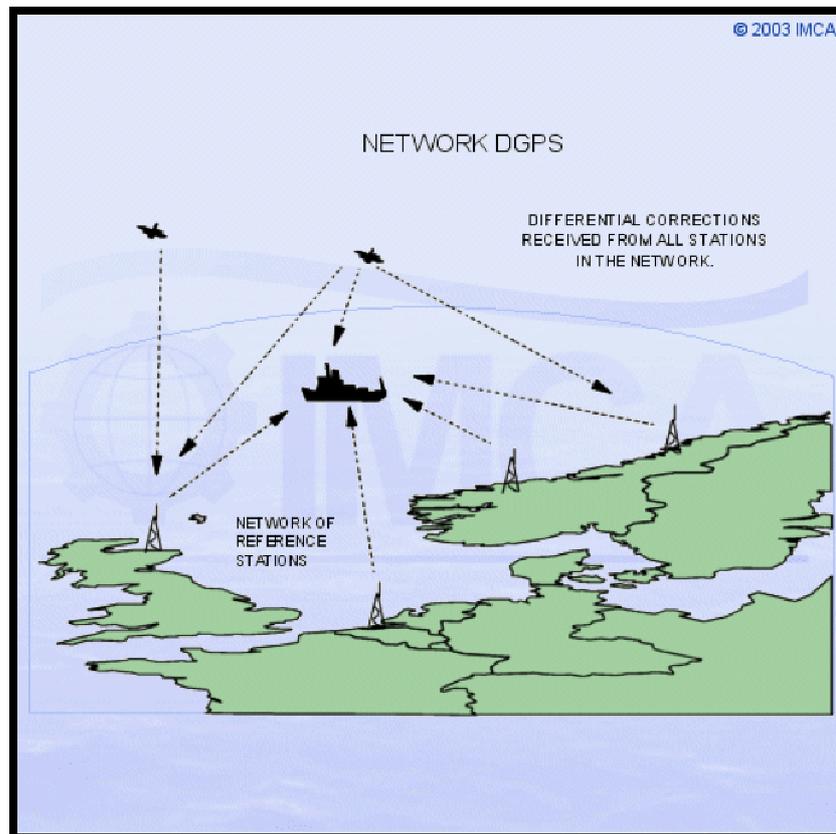


Figura 6. Rede DGPS

Fonte: IMCA

6.2 Exatidão do Sistema DGPS

O DGPS tem uma exatidão de 1 a 5 metros (95%) dependendo da qualidade do receptor *GPS*. A qualidade depende de entre outras coisas o número de canais disponíveis no aparelho receptor. A exatidão do DGPS é muito melhor do que o Serviço de Posicionamento Preciso (*Precise Positioning Service (PPS)*) usado pelo Departamento de Defesa Americano.

6.3 Desempenho e Aspectos Práticos do DGPS

A experiência tem mostrado que o *DGPS* é mais confiável com a embarcação em águas abertas. Com a embarcação próxima e operando ao lado de uma plataforma, a degradação do sinal pode acontecer devido às refrações dos sinais (*multi-path*) ou perda de linha de visada (*line-of-sight*), por isso é importante colocar as antenas nos lugares mais altos e livres de obstrução na embarcação.

Receptores modernos são capazes de mitigar esse efeito da mudança de constelação ajustando o peso dos sinais dos satélites mais novos que os já adquiridos, elevando de zero quando os satélites primeiramente aparecem acima da elevação, até ao máximo quando a alguns graus acima da elevação selecionada. O reverso se aplica à medida que o satélite se aproxima da elevação escolhida.

Problemas são ocasionalmente relatados sobre a interferência do sinal *DGPS* causado por telefones celulares, pelo uso dos satélites de comunicações, radar e uso dos guindastes de bordo. Este tipo de interferência deve ser verificado a bordo da instalação e adicionalmente toda embarcação deve assegurar que ela possua um Diagrama de Setor de Sombra do Sinal (*Signal Shadow Sector Diagram*) dentro da linha de visão do operador de *DP* para assegurar que ele possa selecionar aproamento adequados e manter comunicações e receber os sinais diferenciais do Sistema *DGPS*. Um exemplo de tal diagrama se encontra na figura 7.

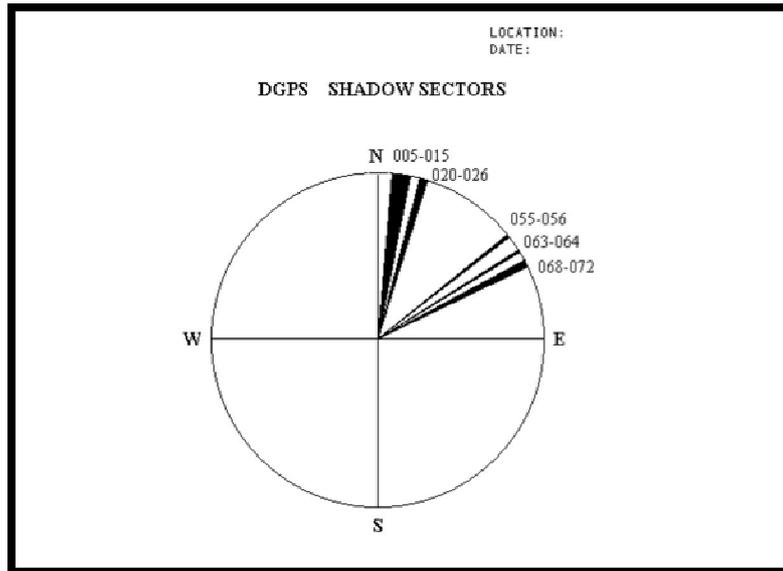


Figura 7. Diagrama de Setor de Sombra do Sinal

Fonte: Modelo Utilizado

7 SISTEMA DE REFERÊNCIA DE POSIÇÃO HIDRO ACÚSTICO - *HYDROACOUSTIC POSITION REFERENCE (HPR)*

7.1 Introdução

É um dos sistemas de referência de posição mais confiáveis em qualquer navio sonda ou plataforma de posicionamento dinâmico de perfuração, dada a sua precisão e independência em relação a outros equipamentos e meios que não os intrinsecamente ligados à própria embarcação, como, por exemplo, o *DGPS*. Sua recepção não depende de satélites de comunicação, estações costeiras e da condição atmosférica. A precisão de um sistema hidroacústico é da ordem de menos de 1% da lamina d'água dependendo do sistema em questão.

7.2 Principais Elementos

- Balizas (*Beacons ou pingers*) – São balizas (*beacons*) que somente transmitem sinais acústicos e que devem ser ligados, configurados e testados a bordo. Somente emitem pulsos acústicos com duração de alguns milissegundos a uma frequência fixa, espaçados de 1 a 3 segundos. Uma vez ligados, transmitem até o esgotamento da bateria;
- Balizas que recebem e emitem (*Transponders*) – São balizas receptoras e transmissoras (*transponders*) e que emitem um pulso acústico a uma determinada frequência de resposta (pré-selecionada) toda vez que são interrogados por um pulso acústico com outra frequência por um transdutor (*transducer*). Muitos deles são capazes de efetuar medições, como, por exemplo, ler temperatura da água, profundidade e tensão nas baterias;
- Hidrofone (*Hydrophone*) - Localizado no casco da embarcação são receptores de sinais acústicos provenientes das balizas (*beacons*) que

somente transmitem e são responsáveis em transformar sinais acústicos em pulsos elétricos enviados ao processador;

- Transdutor (*Transducer*) - São equipamentos capazes de transmitir e receber sinais acústicos, podendo se relacionar com balizas receptoras e transmissoras (*transponders*);
- Processador (*Processor*) - Interface entre o Controlador e o operador de *DP* está diretamente ligado aos hidrofones (*hydrophones*) e transdutores (*transducers*) dos quais recebem e processam os sinais elétricos correspondentes à troca de informações acústicas das balizas (*beacons*) e das balizas receptoras e transmissoras (*transponders*), além de gerar os pulsos de interrogação nos sistemas mais modernos.

7.3 Considerações Iniciais

Considerando um par de emissor/receptor, a distância entre eles pode ser determinada pelo tempo de propagação do pulso multiplicados pela velocidade do som na água, a qual se deve considerar a temperatura e a salinidade do meio. Isto é feito inicialmente a partir de tabelas e gráficos, porém somente a calibração do sistema possibilitará levar em conta todas as variáveis envolvidas naquela locação específica.

O processador do acústico efetua uma correção nos sinais recebidos de forma a compensar os efeitos de balanço (*roll*), caturro (*pitch*) e arfagem (*heave*) cujos valores são continuamente fornecidos pelos sensores da Unidade de Referência de Movimento (*Motion Reference Unit (MRU)*).

O desempenho dos sistemas acústicos depende de vários fatores tais como: potência dos transmissores, perdas durante a propagação do sinal (espalhamento, absorção, difusão, atenuação) reflexão e refração, distância, direção e ângulo de captação dos receptores, configuração de arranjo sensores fixos - *beacons* e *transponders*; características do meio de propagação.

Outro fator que afeta o sistema hidroacústico é o ruído. Ele pode ser causado por fatores mecânicos, tais como os propulsores em geral (*thrusters*) ou por

alguma outra embarcação quando operando próxima a unidade e por essa razão o *hydrophone* ou *transducer* são espalhados de forma a não serem todos afetados ao mesmo tempo, provendo redundância. Mas, o ruído pode também ter causas naturais, tais como o próprio movimento das ondas, correnteza passando pelos *hydrophones* ou *transducers* ou até mesmo grandes cardumes de peixes ou camarões (fatos já relatados). De um modo geral, os operadores chamam de ruído (*noise*) praticamente toda causa de perturbação nos sinais acústicos. Em lugares onde a lamina d'água conjugada a uma diversidade de fortes correntezas superpostas e variações bruscas de temperatura. Estes fatores contribuem para uma acentuada refração e espalhamento dos sinais. Uma boa calibração do sistema é fundamental para um desenho satisfatório.

Nos sistemas que utilizam *transponder* a distância horizontal entre os *transponders* (fundo do mar) e os *transducers* (receptores que ficam na sonda), são calculados a partir da medição do ângulo de incidência dos sinais e da distância transmissor e receptor linha reta ou *range* (R). Nos sistemas que utilizam *beacons* somente o ângulo de incidência do sinal é medido, enquanto a profundidade é inserida manualmente pelo operador, o que lhes confere menor precisão.

7.4 Tipos de Sistemas Hidroacústicos

Um sistema de referência de posição hidroacústico não depende somente de cada sensor individual, mas também na disposição ou arranjo entre eles, o qual vai determinar a triangulação ou telemetria responsável pelo posicionamento. A classificação mais usual utiliza o conceito de linha de base, referente ao espaçamento entre os sensores.

7.5 Sistema de Linha de Base Longa (*LBL*)

7.5.1 Introdução

O sistema de posicionamento *long baseline* fornece posicionamento acústico preciso sobre uma grande área. Os sistemas *LBL* são utilizados para marcar múltiplos alvos em relação a um conjunto fixo de *transponders* submarinos ancorados ao fundo mar. Aplicações típicas para sistemas *LBL* incluem: sistemas de posicionamento dinâmico (*DP*) para posicionar múltiplos alvos *offshore*, como sondas de petróleo, grandes navios, em águas com profundidade de até 7000 m; e marcação de veículos submarinos autônomo (*AUVs*) e veículos operados remotamente (*ROVs*).

As técnicas *LBL* resultam numa precisão muito elevada de posicionamento e estabilidade de posição que é independente da profundidade da água. Normalmente é melhor que 1 metro e pode alcançar até alguns centímetros de precisão. Os sistemas *LBL* são geralmente empregados em trabalhos de pesquisa submarina de precisão onde a precisão ou estabilidade de posição dos sistemas do navio base *SBL*, *USBL* não seja suficiente.

Os sistemas *LBL* são compostos de dois tipos de componentes: transceptores móveis e *transponders* fixos. Um transceptor é um dispositivo montado em cada alvo marcado e pode tanto transmitir quanto receber sinais acústicos. Um *transponder* é um dispositivo autocontido ancorado em um local submarino e responde a uma interrogação acústica com uma resposta acústica. A figura 8 mostra um sistema *LBL* utilizado para marcar a posição relativa de uma plataforma petrolífera sobre o mar. O transceptor é montado na plataforma, enquanto os *transponders*, são ancorados conforme a figura 8. Sistemas *LBL* são os únicos que usam dispositivos *transponders* de linha de base montados no leito como ponto de referência para navegação. Para o posicionamento *LBL*, um mínimo de três *transponders* são ancorados em locais submarinos separados por uma distância de até vários quilômetros (TECNOLOGIAMARITIMA, 2012).

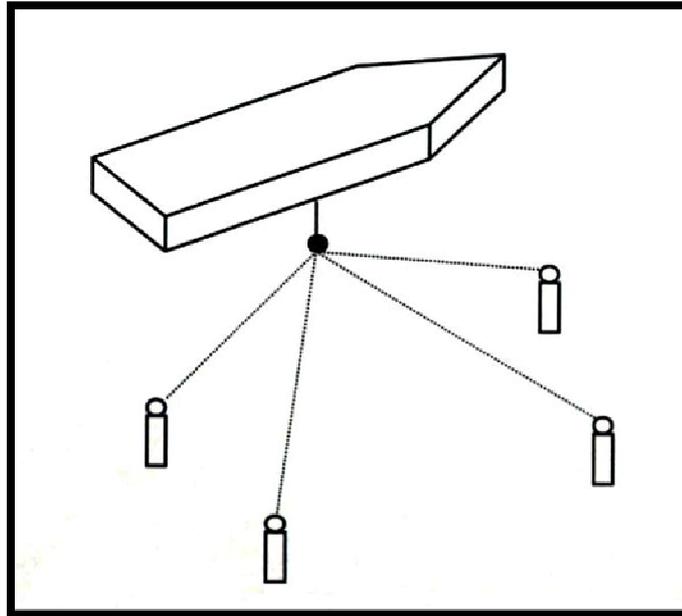


Figura 8. Sistema de Linha de Base Longa (LBL)

Fonte: IMCA 151

Um grupo de no mínimo 3 ou mais, comumente quatro balizas que recebem e emitem pulsos os *transponders* são dispostos em quadrilátero no fundo do mar, a uma distância entre eles que é recomendada tipicamente 40% da profundidade ou de acordo com as instruções do equipamento. A linha base longa refere-se ao lado do quadrilátero ou distância entre os *transponders* no fundo do mar. Um transdutor instalado no casco da unidade relaciona com esse arranjo medindo a sua distância a cada vértice (*range*) pelo tempo decorrido entre emissão e recepção de sinais. Uma vez que as dimensões do quadrilátero são fixas e conhecidas (medidas durante o processo de calibração, inclusive com o auxílio do *DGPS*), possibilita estabelecer a posição e distância da unidade em relação a ele (referencial) no qual está usualmente inserida. Visando redundância um ou dois transdutores efetuam as medidas simultaneamente ou separadamente.

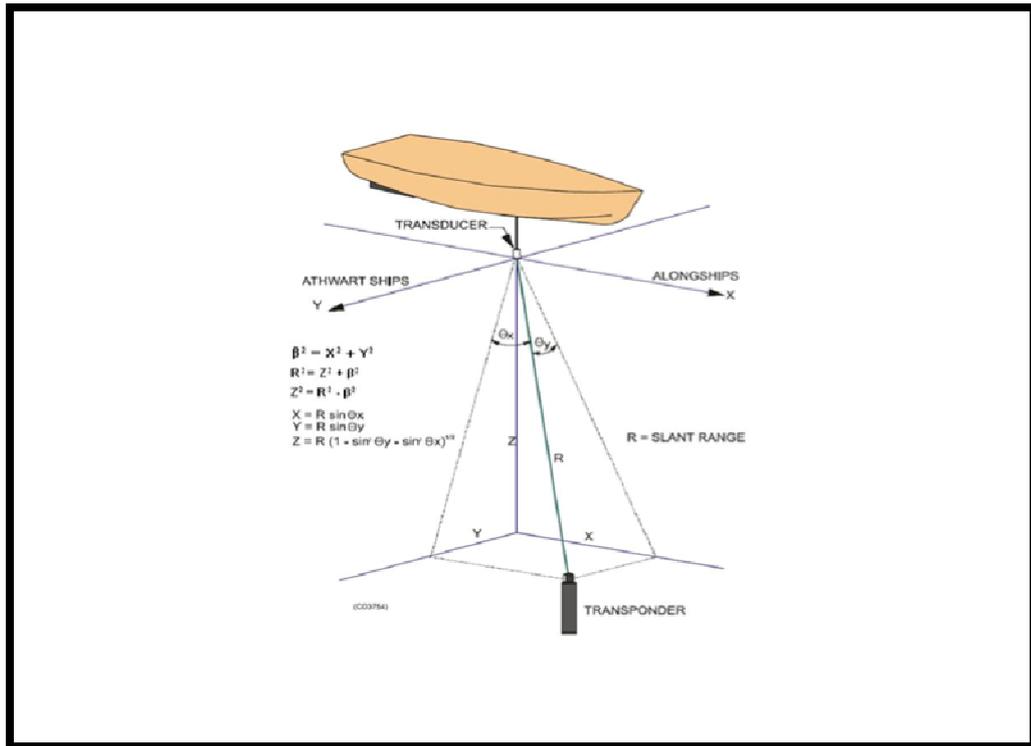


Figura 9. Distância Obliqua (*Slant Range*)

Fonte: OPL 9 *Dynamic Positioning*

7.5.2 Capacidade e limitações do LBL

Erros no modo (*LBL*):

- Distância – Erro na medição do tempo;
- Erros na Calibração.

Problemas de curvamento (*Acoustic ray bending*) na recepção do sinal aumentam à medida que a distância obliqua (*Slant range*) entre o transdutor e o *transponder* aumenta. Esse problema é atenuado se a embarcação está no centro da formação dos *transponders*.

7.5.3 Vantagens e desvantagens do LBL

Vantagens:

- Não depende do movimento do navio;
- Apenas um *transducer* no navio (sistema de superfície diminuído e simples);
- O sistema pode reconhecer se um *transponder* moveu de posição;
- Alta precisão e não depende da distância oblíqua (*Slant range*).

Desvantagens:

- Requer muitos *transponders* dispostos no fundo do mar (comumente quatro);
- Razão lenta de atualização, pois os *transponders* são interrogados um após o outro;
- Requer nova calibração a cada vez que o *transponder* de referência é arriado;
- Área de operação limitada ao local onde foram largados os *transponders*.

7.5.4 Precisão

O sistema *LBL* é geralmente considerado o mais preciso em qualquer lâmina d'água e permite cobrir uma grande área.

7.5.5 Calibração

Uma posição dada pelo sistema acústico é feita medindo duas vezes a viagem do *transducer* para o *transponder*. A velocidade de propagação do som é usada para deduzir as distâncias e um computador calibrar a posição mais provável.

A exatidão final do posicionamento depende de como os *transponders* foram dispostos no fundo do mar e da qualidade da calibração do sistema. Em condições ideais, pelo menos quatro *transponders* são necessários na formação a fim de se medir a distância entre eles e devem ser posicionados livre de obstruções entre eles.

7.6 Sistemas de Linha de Base Pequena (SBL)

7.6.1 Introdução

O sistema de linha de base pequena (*Short Base Line (SBL)*) mede a distância e direção de um *hydrophone* ou *transducer* da superfície até um *beacon* no fundo do mar. Esse sistema pode trabalhar utilizando o *beacon* ou utilizando o *transponder*. A posição é medida em relação à embarcação de tal forma que requer uma *VRU* ou uma *MRU* e uma agulha giroscópica para fornecer uma posição que é referenciada no fundo do mar.

A linha base é formada pela distância entre os *hydrophones* e/ou *transducers* em baixo do casco, que são arriados pelos tubos montados no casco. A linha de base da formação dos *beacons* ou *transponders* no fundo do mar é tipicamente da ordem de 20 a 50 m. O sistema é simples e fácil de ser arriado.

No modo que utiliza *beacon*, a profundidade do *beacon* deve ser inserida manualmente. Se usado para perfuração, a profundidade do *beacon* é apuradamente sabida pelo número de tubos de perfuração arriados.

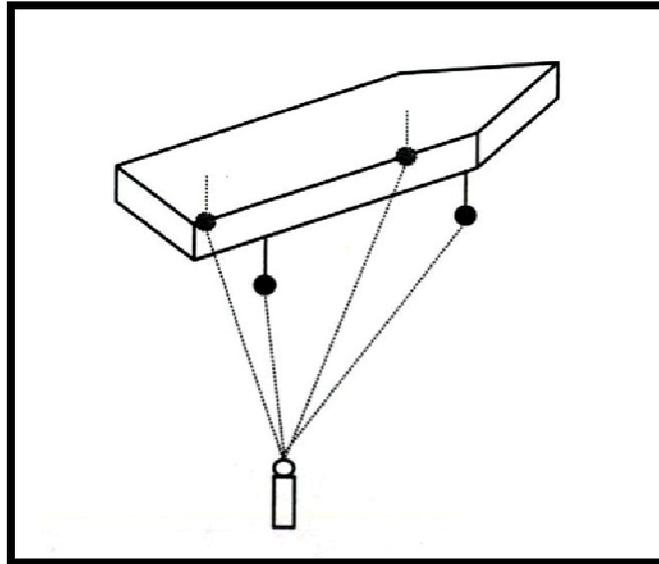


Figura 10. Linha de Base Pequena (SBL)

Fonte: IMCA 151

7.6.2 O sistema SBL

Neste sistema pode ser lançado um só *beacon* ou *transponder* no fundo do mar, cujos pulsos são recebidos por um arranjo de no mínimo três e comumente quatro *hydrophones* ou *transducers* instalados no casco da embarcação, tão afastados uns dos outros quanto possível. A “linha de base curta” em questão refere a distância entre os sensores deste arranjo ou o lado da figura geométrica formada no casco. Na prática por razões de redundância existe mais de um *transponder* ou *beacon* no fundo do mar. O princípio de medição deste sistema baseia-se na diferença de tempo ente os sinais dos receptores, ou seja, após o sinal ter sido recebido por um dos receptores, medem-se o tempo em que este leva para atingir os outros. Se medido esta diferença em tempo e conhecendo-se a distância entre os receptores pode-se determinar o ângulo e a distância.

Todavia qualquer pequeno desalinhamento entre os sensores tais como *hydrophones* ou *transducers* colocados a profundidades um pouco diferentes, afetam grandemente a precisão de medidas. Além disso, este sistema é mais suscetível do que o *LBL* a desvios de sinal de ruídos e aos movimentos da

embarcação, especialmente o *roll* e *pitch*, e, portanto, correções contínuas e automáticas são realizadas pelo processador acústico tomando como referência sinais recebidos das *VRUs* ou *MRUs*.

Por outro lado, é de instalação simples e barata, tendo em vista o menor número de *beacons* ou *transponders* a serem dispostos no fundo do mar. Adequadamente calibrado oferece boa precisão embora inferior à do sistema *LBL*.

7.6.3 Capacidades e limitações

Erros no modo *SBL*:

- Distância e ângulos (erro na medição do tempo);
- Movimentos da plataforma (a exatidão da medição da *VRU* está diretamente relacionada à precisão do sistema); e,
- Erro na medição de distância entre os ecos (*echos*).

7.6.4 Vantagens e desvantagens

Vantagens:

- Trabalha com um ou múltiplos *beacons*;
- Trabalha com *beacons* ou *transponders*; e,
- Soluções múltiplas implicam numa melhor precisão do sistema.

Desvantagens:

- Boa calibração depende da precisão da calibração e precisão da *VRU* e ou *MRU*;
- Grandes linhas de base (*baseline*) são necessárias para uma melhor precisão.

7.7 Sistema de Linha de Base Ultra Pequena (*USBL*) e Sistema de Linha de Base Super Pequena (*SSBL*)

7.7.1 Introdução

O princípio *SSBL* (*Super Short Base Line*) é claramente o princípio mais simples de posicionamento subaquático em operação. A Linha de Base de dados do *Super Short-Baseline* refere-se à distância muito curta entre os elementos piezo-elétricos ativos no transdutor, que são montados no fundo do barco. O princípio *SSBL* tem a vantagem de não requerer instalação de *transponders* calibrados em disposição lógica no fundo do mar. Apenas os alvos que devem ser posicionados (um pode muito bem estar no fundo do mar) são equipados com um *transponder*. O sistema *SSBL* mede os ângulos horizontais e verticais, juntamente com o intervalo para o *transponder*, dando uma projeção 3D do fundo em relação ao navio (ponto de referência no navio). Para obter melhor precisão de posição em águas profundas com um sistema de *SSBL* é necessário aumentar a precisão de medição do ângulo. O princípio de medição de posição envolve a comunicação e frequências hidrostáticas entre um transdutor montado no casco do navio e um ou mais *transponders* localizados no leito.

Um pulso de interrogação é transmitido a partir do transdutor. Este pulso é recebido pelo *transponder* no leito do mar, que é acionado para responder. A resposta transmitida é recebida no transdutor. O atraso no tempo transmissão/recepção é proporcional à inclinação e alcance. Assim, alcance e direção são determinados. Os ângulos e alcance definem a posição do navio com relação à do *transponder*. Os ângulos medidos devem ser compensados os valores de *roll* e *pitch*.

O navio deve implantar pelo menos um *transponder* alimentado por bateria. Eles podem ser implantados por uma linha desde o navio, por um ROV ou simplesmente lançados ao mar.

O desempenho de um sistema acústico é normalmente limitado por condições acústicas na água. Barulho dos propulsores do navio e outras fontes,

aeração e turbulência serão todas prejudiciais à eficiência do posicionamento acústico. Assim, os limites do sistema são mal definidos.

Sistemas acústicos são fornecidos por vários fabricantes, principalmente Kongsberg, Simrad, Sonardyne e Nautronix. Todos utilizam frequência na faixa de 20-30 kHz. Alguns *transponders* são compatíveis com aparelhos de mais de um fornecedor.

O princípio de funcionamento do USBL é semelhante ao do SSBL, porém uma das diferenças, é que enquanto neste último os *transducers* ou *hydrophones* estão individualmente dispostos de uma configuração tal que a distância entre eles no caso é da ordem de dezenas de metros, no sistema USBL eles são agrupados em módulos apresentando um espaçamento unitário de poucos centímetros na cabeça do *hydrophone*. Outra diferença é que o USBL mede a defasagem dos sinais em cada elemento e o SSBL mede a diferença de tempo entre os elementos.

Um sistema USBL completo consiste de um transceptor o qual é montado em um pólo sob um navio, e um *transponder/responder* no leito do mar, num *towfish* ou em um ROV. Um computador é utilizado para calcular uma posição a partir das informações de alcance medidas pelo transceptor. Um pulso acústico é transmitido pelo transceptor e detectado pelo *transponder* subaquático, o qual responde com seu próprio pulso acústico. O pulso de retorno é detectado pelo transceptor a bordo. O tempo entre a transmissão do pulso acústico inicial até a resposta é detectado e medido pelo sistema USBL e é então convertido em alcance.

Para calcular uma posição submarina, o USBL calcula tanto o alcance quanto um ângulo a partir do transceptor até o conjunto submarino. Ângulos são medidos pelo transceptor, o qual contém um conjunto de transdutores. A cabeça do transceptor normalmente contém três ou mais transdutores separados por uma linha base de 10 cm ou menos. Um método chamado diferença de fase dentro deste conjunto transdutor é utilizado para calcular o ângulo para o *transponder* submarino.

A vantagem em relação ao SSBL está na eliminação de problema de desalinhamento na vertical de receptores, uma vez que são montados num mesmo conjunto. Por outro lado é bastante sujeito a desalinhamento de perpendicularidade e aproamento com relação ao eixo longitudinal da embarcação, o que demanda um longo tempo para calibração. Trata-se, contudo de um sistema de inegável

praticidade, custo reduzido de instalação e facilidade de manutenção (menor número de elementos diversos).

Os sistemas que utilizam *transponder* incorporam medição direta de *range* como nos *LBL*, o que já é um caminho para os sistemas descritos a seguir.

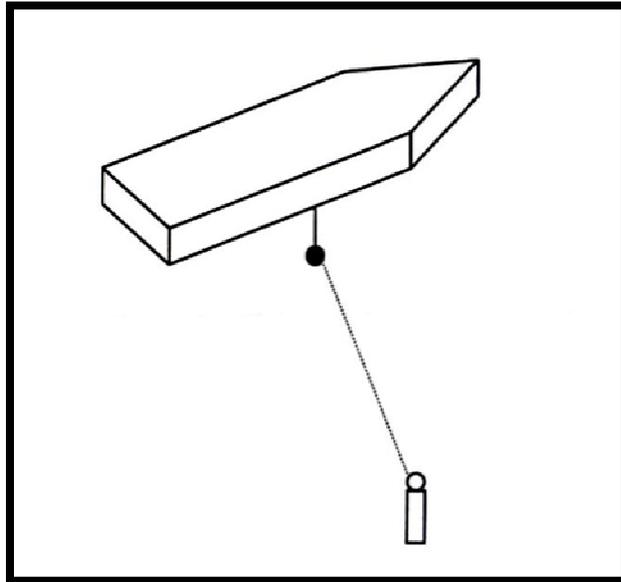


Figura 11. Sistemas *USBL* e *SSBL*

Fonte: IMCA 151

7.7.2 O Sistema *USBL* e *SSBL*

Os três ou quatro *hydrophones* ou *transducers* do sistema *SBL* são substituídos por um simples *hydrophone* ou *transducer*. As linhas de base que eram formadas por três ou quatro *hydrophones* ou *transducers* estão agora na cabeça de um simples *hydrophone* ou *transducer*. A linha base é formada pela distância entre X, Y e elementos de referência localizados na cabeça do sensor. Linhas de base podem ser formadas na ordem de menos que 10 centímetros. O *hydrophone* ou *transducer* mede o ângulo do sinal acústico nos planos horizontais e verticais pela comparação pela diferença de fase do pulso acústico recebido no sistema *USBL*. A

posição de um simples *transponder* pode ser então calculada medindo a sua distância e direção.

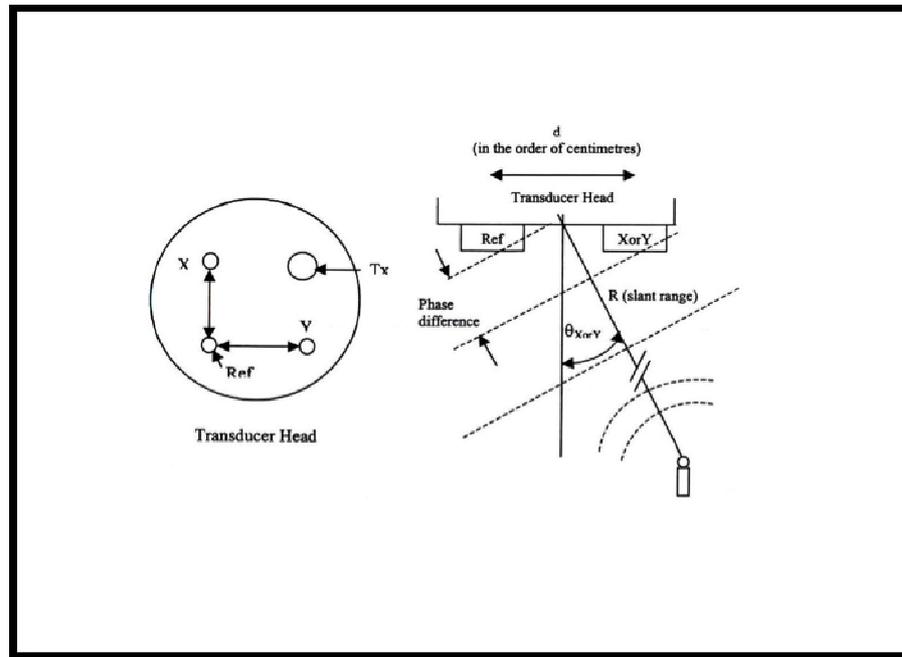


Figura 12. Linha de Base Super Pequena (SSBL)

Fonte: IMCA 151

7.7.3 Capacidade e limitações

Erros nos modos *USBL SSBL*:

- Erros na medição do tempo;
- Erros na medição de fase;
- Erros na medição do alinhamento *transducer/hydrophone*; e,
- Erros na compensação de inclinação do *transducer/hydrophone*.

7.7.4 USBL e SSBL Vantagens e desvantagens

Vantagens:

- Trabalha com um único *beacon* e/ou *transponder*,
- Apenas um furo no casco para a penetração do *hydrophone* e/ou *transducer* é necessária; e,
- Trabalha com os modos *pinger* e *transponder*.

Desvantagens:

- *SSBL/USBL* precisam de alimentação da agulha giroscópica e da *VRU*;
- Precisa inserir a profundidade se estiver usando o modo de *pinger* (*hydrophone* x *beacon*); e,
- Precisão depende de boa calibração e precisão da *VRU*.

7.7.5 Precisão

A precisão dos sistemas *USBL* e *SSBL* diminui à medida que as águas profundas vão ficando mais profundas e são da ordem de 1% da distância de oblíqua (*Slant range*).

As precisões dos sistemas independem do tamanho da embarcação, entretanto uma embarcação pequena irá balançar e arfar aumentando a possibilidade de erros na medição da agulha giroscópica e *VRU/MRU*.

Períodos de balanço e de arfagem muito curtos também causam erros na medição de tempo e na posição da embarcação.

7.7.6 Calibração

Cuidados e ajustes são requeridos na calibração dos sistemas USBL e SSBL, para assegurar que não tenha erro de compensação na marcação do alinhamento do *hydrophone* e o *transducer* com a leitura da agulha giroscópica e com a linha de centro da embarcação. É importante assegurar que a VRU esteja fornecendo dados corretos e também esteja devidamente calibrada.

7.7.7 Sistemas combinados

Os sistemas combinados podem ser Linha de Base Ultra Pequena e Longa (*Ultra Short/Long Base Line USLBL*), Linha de Base Pequena e Longa (*Long Short Base Line LSBL*) e a Linha de Base Super Pequena e Longa (*Long Short Base Line LSSBL*).

Os sistemas combinados possibilitam que as desvantagens de um método de medição sejam compensadas pelas vantagens dos outros, o que resulta numa maior confiabilidade e precisão. Basicamente são formados dois arranjos de sensores, no fundo e na embarcação, cuja interação recíproca possibilita alta definição da determinação da posição da embarcação, onde todos destes métodos são computados no cálculo da posição da embarcação e melhor estima da posição é alcançada.

8 INTERFERÊNCIAS NO SISTEMA ACÚSTICO

8.1 Ruídos (*Noise*)

O inimigo número um do sistema acústico é o ruído (*noise*). *Noise* é uma energia acústica não desejada na banda de frequência de interesse.

Ruído como propulsores de uma forma em geral (*thrusters*) na superfície das embarcações e sistemas hidráulicos no veículo subaquático operado remotamente (*Remotely operated underwater vehicle(ROV)*) comumente limitam o desempenho do sistema acústico. A maior parte do ruído de uma embarcação vem de um modo geral, dos seus propulsores (*Thrusters*). À hora em que a sonda precisa realmente dos dados do acústico é geralmente quando se perde posição. Infelizmente, é nessa mesma hora, que a atividade dos *thrusters* gera excessivo ruídos para causar interferência no recebimento do sinal do sistema acústico. Sistemas acústicos devem ser construídos tendo em mente o pior cenário.

Propulsores (*Thrusters*) azimutais emitem mais ruídos dos que os de tipo túnel (*Tunnel thruster*) e propulsores com o passo controlável (*Controllable pitch propeller*) são geralmente mais ruidosos que os de passo fixo (*Fixed propeller*). Um propulsor de passo fixo funcionando a uma velocidade reduzida e a um empuxo correspondente reduzido irá criar menos ruído e aeração que um propulsor com passo controlável funcionando com sua velocidade de rotação máxima e produzindo com o valor do seu passo reduzido o mesmo empuxo reduzido.

Ruído da propulsão da embarcação ou do propulsor do *ROV* é principalmente devido à cavitação. A cavitação ocorre quando em certas áreas do propulsor o fluxo de água do propulsor cai abaixo da pressão de vapor da água. Este colapso de bolhas de vapor na superfície da pá também conduz para um alto valor de ruído sobre uma larga faixa de frequência causando interferência no sistema acústico. Medidas para evitar este tipo de cavitação incluem em instalar os propulsores de uma forma geral, o mais profundo possível para aumentar a pressão estática, melhorando o fluxo no propulsor, o formato da carena, a caixa de engrenagem e a otimização do perfil da pá do propulsor.

Ruídos são criados pela descarga dos propulsores dos *thrusters* localizados debaixo do casco. A água acelerada deixa o propulsor e o tubulão com alta velocidade e irradia através do casco e casos foram reportados que essa descarga gerou ruídos que interferiram no posicionamento do sistema acústico. O ângulo perpendicular da engrenagem cônica de um *thruster* é também outra fonte de ruído.

Outras específicas áreas geradoras de ruído são quando a água espirra (*Splash*) no *moonpool* (abertura no casco a meia nau por onde as operações de perfuração são feitas), descargas de algum tipo de fluido de perfuração, vibração, atividade sísmica e propulsores de uma forma geral de outras embarcações operando junto a embarcação.

8.2 Distância dos Propulsores

Os *transducers* e *hydrophones* devem estar localizados o mais longe possível dos propulsores de uma forma geral, visando reduzir o efeito de *noise* dos *thrusters*. Existem unidades aonde o *transducer* é localizado na mesma profundidade dos *thrusters* ocasionando com que o sistema, seja suscetível a problemas com ruído.

O melhor seria se uma avaliação fosse feita durante o comissionamento da embarcação aonde a mesma fosse colocada em *DP* sob várias condições de tempo e mar para obter os índices de ruído e assim estabelecer a posição aonde os *hydrophones/transducers* serão colocados. A distância dos *hydrophones/transducers* dos propulsores, túnel *thrusters* ou azimute *thrusters* é recomendada em ser de no mínimo 20 metros e isto às vezes é muito difícil para os arquitetos navais, especialmente nos casos de conversões.

Algumas embarcações *DP* têm setores de barreiras programadas nos controles dos *thrusters* que previnem que a esteira dos *thrusters* sejam direcionadas na direção dos *hydrophones/transducers*. Isto ajuda, porém não é o ideal, uma vez que a capacidade de manter posição é reduzida. É muito melhor poder ter sempre os *hydrophones* ou *transducers* o mais longe possível do ruído dos *thrusters*.

Sistemas acústicos em uma embarcação podem ser afetados por sistemas acústicos de outras embarcações na mesma locação. Por isto, muito cuidado deve ser tomado na escolha das frequências dos *beacons* ou *transponders* requerendo que uma comunicação efetiva entre os *DPOs* seja feita, combinando as frequências de trabalho a serem usadas, sempre visando uma interferência entre os *arrays*.

8.3 Intensidade da Potência do Transponder

Para resolver este problema de ruído do meio-ambiente, geralmente a única solução é de aumentar a intensidade de potência de saída do *transponder*. O desempenho de um sistema está relacionado à energia recebida pelo receptor e o sinal para uma razão de ruído. Aumentando a largura do pulso ou o pico de potência irá aumentar a energia no pulso. A desvantagem é a diminuição da vida útil do *transponder*.

8.4 Diretividade

A introdução de um fator chamado diretividade (*directivity*) pode reduzir o efeito de um ruído local. Diretividade descreve a habilidade do *transducer* em concentrar a energia do som emitido em um feixe estreito na direção do alvo. Uma maior concentração de som efetivamente ajuda a aumentar o nível da intensidade da potência na direção desejada. Uma alta diretividade reduz a influência de ruído de indesejadas direções. Então, para locações de águas profundas ou de ambiente ruidoso, uma alta intensidade de potência é requerida para que alcance um alto rendimento do *beacon* ou *transponder* a uma maior diretividade.

8.5 Largura de Banda

Largura de banda é a faixa frequência da força do sinal que está dentro de uma razão de pico. Um ótimo filtro não permite outras frequências além das previamente definidas. A largura de banda é definida em *Hertz* (Hz).

Limitações de largura de banda dos *transducers* limitam geralmente a parte usada da banda Média Frequência (*Medium Frequency (MF)*) entre 19 e 30 kHz. Larguras de banda dos *transducers* são da ordem de 400 Hz.

Micros bolhas na água podem ser excitadas pela transmissão acústica e dispersar e distorcer o sinal acústico. Isto pode ser detectado pela presença de frequência dobrada nos ecos. A nuvem de bolhas tem o mesmo efeito de um nevoeiro e confunde completamente as direções. Micro bolhas vem da geometria da forma do casco em certos estados do mar, como, por exemplo, quando a embarcação está balançando, arfando e cabeceando muito. Deve-se tomar muito cuidado na hora de se definir o formato do casco, no intuito de não cair nessa armadilha da presença de micro bolhas abaixo do casco da embarcação. Embarcações com fundo chato ou embarcações que tiveram estruturas instaladas para melhorar a estabilidade são particularmente propensas a este efeito.

8.6 Curvamento da Emissão

O mar é dividido em diferentes camadas horizontais de água. Em cada diferente profundidade, a temperatura, salinidade e pressão variam e por essa razão a velocidade do som também varia. O aumento de pressão com o aumento de profundidade, aumenta a velocidade do som em 1/60 m/s por metro de profundidade. Um decréscimo em temperatura também causa um decréscimo em velocidade em 3 m/s por °C. Existe um decréscimo de velocidade com o aumento da salinidade.

Estas velocidades de propagação mudam, resultando em refração da fonte de ondas acústicas ou do curvamento da emissão, à medida que as ondas passam

pelas camadas de água. Posições calculadas a partir destes ângulos e distâncias serão influenciadas por esse efeito de curvamento da emissão e a não ser se forem compensados, erros irão ocorrer.

8.7 Interferência de vias Múltiplas

As interferências de vias múltiplas ocorrem quando sinais refratados ou sinais refletidos chegam ao receptor ao mesmo tempo que os sinais diretos. Os sinais acústicos podem ser refletidos pelas partes do casco da embarcação, pela superfície do mar, pelo fundo do mar ou por estruturas no fundo do mar, cardume de peixes, plâncton, etc. Normalmente esse sinal refletido irá chegar ao receptor bem antes do sinal direto e então o receptor rejeitará esse sinal refletido. Se o sinal indireto é somente um pouco mais longo que o sinal direto, como pode acontecer em águas rasas e/ou em distâncias longas, o sinal refletido irá cobrir e interferir no sinal direto. Isto pode resultar na destruição do final do sinal direto. Interferência de vias múltiplas geralmente acarreta em sinal não sendo validado ou um retorno tarde sendo detectado e validado gerando um grande atraso. Problemas de interferência de vias múltiplas ocorrem mais comumente em baixas frequências onde pulsos mais longos são usados e particularmente em águas rasas.

8.8 Interferência de Outras Unidades de Posicionamento Dinâmico

A boa convivência acústica entre as unidades de posicionamento dinâmico operando próximas, umas das outras, passa basicamente pela clara comunicação entre os *DPOs*, no que tange a escolha das frequências de trabalho a serem utilizadas. Além disso, o sistema *LBL*, por causa da sua disposição no fundo do mar, pode não apresentar bom desempenho nas locações onde o fundo tem elevada declividade, pois existe a possibilidade de reflexões dos pulsos no fundo causando ruídos com perda de precisão.

A faixa de frequência utilizada nos sistemas hidroacústicos é estreita e se encontra entre 19 e 32 kHz. Além disso, a “largura de faixa” de cada *beacon* ou *transponder* varia de 250 a 500 Hz. Existem situações onde 3 ou mais sondas precisam operar numa mesma área, sob alta influência acústica. Nestes casos devem ser estabelecidos procedimentos específicos para evitar os riscos de incidentes devido à interferência entre as plataformas e navios sonda de posicionamento dinâmico.

9 SENSORES DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO

9.1 Anemômetro (*Wind sensor*)

Das forças ambientais que atuam sobre a embarcação, o vento é o único que pode ser diretamente medido com razoável grau de precisão.

O fato da mudança brusca na intensidade ou direção do vento (Rajadas) sempre foi motivo de preocupação para os engenheiros que desenvolveram os controladores do sistema *DP*. Foi então desenvolvido um processo de alimentação direta no algoritmo do controlador chamado compensador de rajadas de vento no controlador *DP* (*Wind feed forward*) ou em alguns outros equipamentos chamados *Wind compensator*. Ambos tem a mesma função. O atuador direto nos thrusters (*Wind feed forward*) é responsável em medir a direção e intensidade do vento, dividir a direção medida nos componentes X (*surge*), Y (*sway*) e N (*yaw*), multiplicar e assim obter as resultantes para cada movimento controlado, inserir as forças do vento de modo a efetuar as correções necessárias para os dados de saída para os propulsores (*Thrusters*).

Desta forma, as rajadas de vento são consideradas de forma imediata pelo sistema de posicionamento dinâmico a fim de evitar que a sonda sofra uma deriva significativa no posicionamento da sonda.

9.2 Agulha Giroscópica

Uma das principais funções do sistema *DP* é de manter o aproamento da embarcação conforme escolha do operador ou seguindo a menor resultante das forças ambientais, a fim de minimizar a demanda de potência no sistema de propulsão.

A informação da agulha giroscópica é transmitida continuamente e automaticamente para o controlador *DP* através de um sistema elétrico. O mais

comum consiste de um potenciômetro que fornece voltagens proporcionais de seno e cosseno do ângulo de aproamento. No processador estas voltagens são reconvertidas em ângulos mediante a uma função arco-tangente.

Devem existir no mínimo 2 agulhas giroscópicas, mas comumente se encontra 3 agulhas giroscópicas, cada uma ligada de forma independente aos controladores *DP* de forma a prover a necessária redundância.

A referência de aproamento é fornecida de uma ou mais agulhas giroscópicas. Duplicação de giro é geralmente fornecida mesmo em embarcações de classe 1. O operador de *DP* normalmente seleciona um dos giros como sendo a referência, ou seja, o sistema *DP* está lendo o *input* (valor de entrada) do giro selecionada como preferida, enquanto se mantem uma função de comparação com a outra ou outras. Se a agulha giroscópica, selecionada como referência, falhar de uma maneira tal que o sistema seja incapaz de ler seus dados, então o sistema irá automaticamente mudar agulha giroscópica, sem contudo considerar outra como referência. Se existirem três agulhas giroscópicas, se configura assim a função de *voting* no sistema *DP*.

9.3 VRU/MRU

O chamado sensor de Unidade de Referência Vertical (*Vertical Reference Unit (VRU)*) fornece basicamente os valores de caturro (*Pitch*) e balanço (*Roll*) da embarcação a fim de se compensar alguma discrepância nos sinais dos sistemas de referência de posição dos equipamentos hidroacústicos, especialmente nos casos do *Short Base Line (SBL)* e *Ultra Short Base Line (USBL)*, distorcidos em função da movimentação de seus respectivos receptores. Sem essa compensação dos movimentos da sonda em torno dos eixos transversal, longitudinal e sobre o movimento vertical, o posicionamento seria muito afetado. O chamado sensor de Unidade de Referência de Movimento (*Motion Reference Unit (MRU)*) fornece basicamente os valores da *VRU* somado ao movimento de arfagem (*Heave*). As *VRUs* ou *MRUs* também são instaladas com mais de uma unidade a bordo.

10 BÁSICO DE OPERAÇÕES DE PERFURAÇÃO EM SONDAS DP

10.1 Considerações

O principal objetivo de uma sonda de perfuração ou navio sonda provido de posicionamento dinâmico é essencialmente em se manter na locação desejada, exatamente sobre o poço ou a uma determinada e segura distância (*offset*) do mesmo, durante as diversas etapas de operações na locação. O centro de rotação do navio ou da plataforma semi-submersível está localizado na mesa rotativa, localizada no piso de perfuração.

Embarcações de posicionamento dinâmico podem ter apenas um casco (*monohull*) ou possuírem formas de sonda semi-submersível (*multi-hull*). No caso do navio sonda é sempre boa prática manter o vento afilado às forças resultantes ambientais (vento, corrente e ondas), devido a grande área vélica, na intenção de reduzir o consumo de energia como também à carga nos *thrusters*.

Esta necessidade de se aproar para as resultantes poderá ser restrita devido a coluna de perfuração. Usualmente a coluna de perfuração não permite um giro de 360°. Isso é para se evitar algum dano causado pela torção nas linhas de *choke* e *kill do BOP*. É altamente recomendado, que um teste de giro máximo, para ambos os bordos, seja realizado logo após a conexão do BOP, com o intuito de se estabelecer o setor limite, que será usado pelos *DPOs* durante as mudanças de proa enquanto a unidade permanecer conectada ao poço.

Se a embarcação é uma embarcação semi-submersível, as forças ambientais são de menor relevância. Usualmente o formato do casco de uma plataforma semi-submersível é similar em todos os bordos e sendo assim, não existe essa grande preocupação no que tange a constante mudança de proa.

Em águas profundas, a situação com a unidade de perfuração se torna mais complexa, devido ao grande número de *risers* e por consequência, do tamanho da coluna de tubos. Na parte final do *riser*, se acopla o *BOP* através de uma junta

flexível que permite deflexões angulares em qualquer direção. Seria o ideal que o *riser* e *BOP* estivessem sempre alinhados, mas nem sempre isso ocorre, devido a algumas fortes correntes de fundo. Os parâmetros de posicionamento são conhecidos como *offset* e/ou ângulo da *flex joint (LFJ)*. Os valores são referenciais, por exemplo: *offset* 3% e 6% e deflexão 2° e 4° para alarmes amarelos e vermelhos, respectivamente. É importante salientar que os parâmetros de posicionamento, caso excedidos, poderão impedir a desconexão e/ou desacoplamento dos conectores dos equipamentos de fundo (LMRP, TRT, FIBOP-W, FIBAP etc.), implicando em conseqüências provavelmente desastrosas.

Devido a atuação da corrente, o *riser* irá arquear numa direção para onde a corrente estiver indo entre o *riser* e o BOP. Se a plataforma estiver posicionada completamente sobre o BOP, esta corrente irá resultar em um ângulo de *offset* entre o *riser* e o BOP. Para reduzir este ângulo a zero ou próximo disso, o *DPO* deve mover a unidade. Na prática, a unidade deve ser continuamente movida, se necessário for, sempre na intenção de manter o ângulo do *riser* com *BOP* dentro dos limites aceitáveis descritos no *WSOG*, que será abordado no capítulo seguinte.

11 ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS DE OPERAÇÃO PARA O POÇO

11.1 Introdução

As Orientações Específicas de Operação para o Poço (*Well Specific Operations Guidelines - WSOG*), estabelecem os procedimentos e os limites operacionais a serem adotados para cada poço em particular e são de crucial importância para o sucesso de uma desconexão em caso de emergência, visando-se evitar uma catástrofe ambiental. A qualquer hora um navio sonda ou uma plataforma de posicionamento dinâmico pode vir a ter uma necessidade de se efetuar uma desconexão de emergência.

A grande maioria das causas de desconexões de emergência, excetuando a falha humana, estão relacionadas a falhas dos sensores e equipamentos que compõem o sistema de posicionamento dinâmico. Logo existe a real necessidade dos operadores conhecerem muito bem seus equipamentos, quais são seus limites e quais são as consequências de uma eventual falha ou mau funcionamento de cada um deles.

11.2 Objetivo

O principal objetivo das Orientações Específicas de Operação para o Poço (*Well Specific Operation Guidelines - WSOG*) é de se identificar situações críticas que influenciam uma unidade de posicionamento dinâmico e de assegurar uma desconexão de emergência em tempo hábil, caso seja essa a necessidade. Identificando os itens críticos, desenvolvendo uma análise de risco e procedimentos para que ações eficazes sejam tomadas, é possível classificar a relevância de cada item e estabelecer o correto nível de alerta do *DP* e suas ações pertinentes.

O WSOG existe para mitigar as possibilidades de incidentes ou acidentes com sondas de posicionamento dinâmico. Os riscos previstos e as ações pré-determinadas são acordados entre a empresa de perfuração e a operadora (cliente).

11.3 Conteúdo

As orientações específicas de operação para o poço devem incluir informações, tais como:

- Localização de outras instalações na região;
- Condições ambientais esperadas para a área;
- Deve claramente conter e identificar os critérios limites que impactam na habilidade de manter posição e os vários estágios de estado degradado (verde, informativo, amarelo e vermelho);
- Carta Batimétrica deve ser obtida mostrando as obstruções e profundidades para que se possa determinar uma rota de fuga;
- Deve estabelecer a definição de desconexão de emergência e identificar os problemas que podem ocorrer nessa desconexão; e,
- Geralmente o OIM e o cliente assinam o documento em sua versão final.

11.4 Processos e Definições do WSOG

11.4.1 Desconexão de emergência

Uma desconexão de emergência é iniciada a partir de um alarme vermelho oriundo da ponte de comando. O sondador então inicia o processo de desconexão de emergência, o que geralmente leva menos do que 30 segundos. Em seguida, o DPO move a embarcação para uma área segura e de águas profundas, segundo a carta batimétrica.

11.4.2 Operação Crítica

As operações críticas são operações fora da rotina, que de forma direta ou indireta apresentam risco de poluição, contaminação ou perda de controle do poço, altos prejuízos materiais e risco a integridade física das pessoas e do meio ambiente, principalmente no caso de desconexão de emergência mal sucedida durante sua execução. É uma das obrigações do sondador notificar antecipadamente ao operador de *DP* a passagem de qualquer elemento ou ferramenta, principalmente aqueles que não possam ser cortados pela gaveta cisalhante (*BHAs*, revestimento, *packers*, TH, etc.). Algumas sondas, no entanto, tomam algumas precauções extras durante as operações críticas: colocam um gerador a mais no barramento e exigem a presença atenta de duas pessoas operando o *DP*. São exemplos de operações críticas na perfuração: passagem de ferramentas como ferramenta de perfuração (*Bottom Hole Assembly (BHAs)*), passagem de revestimento pelo BOP, perfilagem com ferramenta radioativa e todas as operações com o poço aberto.

Analisando as operações, dois tipos de situações podem ocorrer:

- Estado degradado constatado antes da operação crítica - Não se inicia operação crítica em estado de operação degradado;
- Estado degradado constatado durante a operação crítica – Deve-se interromper a operação e voltar o mais rápido possível para a condição mais segura para eventual desconexão.

11.4.3 Critérios para se determinar os estados degradados da operação

Estado Degradado ocorre quando há a detecção de perda da capacidade operacional normal da unidade no que se refere à manutenção de posição, embora não tenham sido observados offsets e/ou deflexão da *flexjoint*. Este estado se inicia quando a sonda perde a redundância mínima considerada para a operação normal nos equipamentos e sistemas relacionados ao *DP* por algum tipo de falha, mal

funcionamento ou excesso de demanda. Normalmente não existe risco iminente de perda de posicionamento, porém o Estado Degradado sinaliza o início das preocupações com uma eventual desconexão de emergência. Nas embarcações classe 2 e 3, os sistemas, sensores e equipamentos devem ser projetados de modo que um ponto simples de falha em sensores, equipamentos ou subsistemas não resultem em uma desconexão de emergência. Adicionalmente as orientações específicas de operação para o poço (*Well Specific Operation Guidelines (WSOG)*) devem ser desenvolvidas para cada poço em particular.

Pode existir a condição de Estado Operacional Degradado, mesmo que não haja risco de perda de posicionamento, ou seja, a situação está sob controle. Um caso típico a ser considerado é a deflexão excessiva da *flexjoint*, devido às fortes correntezas, normalmente existentes em águas profundas. Embora o *offset* seja o principal parâmetro a ser considerado, a deflexão da *flexjoint* precisa ser continuamente monitorada via *Eletronic riser angle* ou *Acoustic riser angle* pelas seguintes razões: limite de inclinação da própria *flexjoint*, limite de desconexão do LMRP; evitar danos na parte interna do LMRP e BOP em função de arraste da coluna de trabalho, evitar danos nos conectores e esforços excessivos na cabeça de poço.

11.5 Níveis de Alerta do DP

Os estados operacionais de uma sonda DP junto com o conceito de operação crítica, garantem a possibilidade de uma desconexão de emergência completa e segura. De uma forma geral as empresas de perfuração definem 4 níveis de alerta, como segue.

11.5.1 Estado normal (Cor verde)

As condições a seguir se aplicam quando a unidade de perfuração se encontra em situação normal de operação, quando conectada ao fundo do mar e é classificada como a seguir:

- A unidade de perfuração está em modo de posicionamento dinâmico operando normalmente com os apropriados sistemas auxiliares disponíveis e não há qualquer ameaça de perda da capacidade operacional segura da unidade;
- Existe redundância plena de todos os equipamentos e sistemas relacionados ao posicionamento dinâmico e não há qualquer indício de *offset* ou deflexão da *flexjoint*;
- A demanda do sistema de propulsão e o consumo total de potência são menores que a máxima potência necessária para manter a posição depois de acontecer o pior cenário;
- A posição e aproamento da unidade se encontram dentro dos limites pré-determinados; e,
- Não existe o risco de colisão com outras embarcações.

11.5.2 Estado degradado (Cor branca)

A unidade de perfuração é capaz de se manter em posição quando em Estado Degradado, porém foi detectada a perda da capacidade operacional segura da unidade no que se refere à manutenção da posição, como por exemplo, houve uma falha em algum sensor, equipamento ou sistema, embora ainda não tenham sido necessariamente observados *offset* e/ou deflexão da *flexjoint*. Normalmente não existe risco iminente da perda de posicionamento em uma situação como essa, porém o *DPO* deve reportar a situação de Estado Degradado, tão logo isso seja confirmado. Lembrando que o Estado Degradado sinaliza o início das preocupações para uma eventual desconexão de emergência.

O conceito de redundância mínima de sensores, equipamentos e sistemas são estabelecidos para cada unidade de perfuração *DP*. Na condição degradada à sonda pode ou não iniciar ou continuar suas operações em curso, cabendo ao representante da operadora (Fiscal) e ao OIM, a decisão final, dependendo da operação em curso.

11.5.3 Estado amarelo/Preparar para desconectar

É o estado em que o pessoal de perfuração deve se preparar para uma provável desconexão de emergência. Neste caso, a manutenção da posição está comprometida, uma vez que foi constatado *offset* ou deflexão da *flexjoint*. Este alarme busca alertar com mais veemência que algo está errado no *DP*, possibilitando antecipar reações.

Tipicamente o alerta amarelo é selecionado através de uma porcentagem do alerta vermelho (distância das coordenadas de assentamento do (*BOP*)) ou modernamente falando, essa distância é calculada através de programas em algumas empresas. Essas distâncias devem ser reduzidas em circunstâncias em que reduz o tempo de reação, como por exemplo: sob ventos fortes, correntes fortes e operações em águas rasas. Em todos os casos o círculo amarelo deve ser selecionado de tal forma que exista tempo suficiente para interromper as atividades no piso de perfuração e fechar o poço antes de cruzar os limites do círculo vermelho.

Exemplos de situações que podem ser consideradas alarme amarelo:

- Deriva da unidade por *drive off* ou *drift off*;
- Perda de quase todos os sensores de referencia. Somente 1 sensor de referência a disposição do *DPO*;
- Perda de quase todas as agulhas giroscópicas. Somente 1 agulha giroscópica a disposição do *DPO*;
- *Offset* maior ou igual a 3% da lâmina d'água ou deflexão da *flexjoint* maior ou igual a 2°;

- Condições ambientais que excedem os limites operacionais de capacidade da embarcação;
- A demanda de potência dos propulsores (*thrusters*) alcançando um limite máximo de 80%;
- O *WSOG* pode exigir uma quantidade mínima de propulsores (*thrusters*) em cada barramento;
- A demanda da potência total excede valores limites definidos no *WSOG*;
- Risco de colisão com outra embarcação;
- Limites especificados pelo cliente; e,
- Situação de controle de poço ou risco de controle de poço que seja provável que resulte em desconexão do poço.

11.5.4 Estado vermelho/Desconectar

É o estado em que a desconexão deve ser realizada o mais rapidamente possível através do botão *EDS*, devido à perda irreversível da capacidade de manter posição, resultando em valores de *offset* e deflexão da *flexjoint* elevados. Não há mais tempo para nada e a desconexão de emergência deve ser executada o quanto antes.

O *riser* deve ser desconectado quando:

- *Offset* seja maior ou igual a 6% ou a deflexão do *flexjoint* seja maior ou igual a 4°;
- A deriva da embarcação é tal que seja impossível recuperar a posição antes de se causar dano ao poço, seguido de uma possível catástrofe ambiental. Geralmente isso ocorre durante uma perda total de energia, o chamado *blackout*;

- Existe risco iminente de perigo mantendo a unidade de perfuração na locação, quando por ocasião de um confirmado abalroamento com outra embarcação; e,
- Existe risco iminente de perigo devido a uma situação de controle de poço fora de controle.

11.5.5 Estado vermelho direto/Desconectar

Ocorre quando a capacidade de manter a posição é subitamente perdida, estando a embarcação em operação normal, mesmo que ainda não tenham sido observados *offset* ou deflexão da *flexjoint*. Não há mais tempo algum para preparativos e deve-se executar a desconexão de emergência (*Emergency Disconnect System (EDS)*) o quanto antes.

O início do estado do alarme vermelho direto, advém por exemplo do mau funcionamento incontrolável de um equipamento ou sistema ativo ou uma falha múltipla de equipamentos essenciais para o posicionamento da sonda.

11.6 Exemplo de WSOG

Um exemplo de WSOG é apresentado na figura 13 e os itens cobertos não são definitivos. O objetivo é quantificar e abranger o máximo possível, qualquer área de falha que possa ajudar o DPO a tomar a decisão apropriada. O WSOG mostrado é de uma unidade classe 3 e os dados tabelados servem apenas como guias. Deve ser responsabilidade do pessoal-chave do DP, a função de estabelecer limites que serão considerados efetivos para a sua unidade em particular durante o poço que irá perfurar:

		Well Specific Operating Guidelines (WSOG) Deepsea Metro II Operator: Petrobras Well: 3-SES-183 (PAD Barra 3)			Date: 22/06/2014
Condition	Green	Advisory	Yellow	Red	
DP position footprint Unit offset deviation from start point Water depth: 2274 meter Emergency disconnect sequence : 60 sec.	Seawater column Sign. Wave Height < 2,5 m.	0 - 10 Meter	10 - 25 meter	25 - 30 meter	30 meter or immediately, if confirmed that situation cannot be controlled. No later than at 84 meter offset.
	Mud column 16 ppg max. Sign. Wave Height < 2,5 m.	0 - 10 Meter	10 - 20 meter	20 - 35 meter	35 meter or immediately, if confirmed that situation cannot be controlled. No later than at 84 meter offset.
DP heading footprint	< 3°	3 – 5°	5°	If threat to position	
Power / thrust consumption each network (2-split configuration)	< 45%	Occasionally up to 50%	> 50 % or consequence alarm	Situation specific	
Power / thrust consumption each network (3-split configuration)	< 60%	Occasionally up to 60%	> 66 % or consequence alarm	Situation specific	
Position reference systems (PRS) available	3 or more PRS based on at least 2 principles.	Any failure or loss of performance in any PRS	2	If unable to re-calibrate a PRS, red status within 30 seconds after Position drop-out alarm.	
DP control system (DP OS and controllers)	2 + 1 backup	Any failure or loss of performance in any system	Failure/loss of a main- or backup controller	0	
Wind sensors	3	Any failure or loss of performance in any system	1 or less available	If threat to position	
Motion sensors (MRU)	3	Any failure or loss of performance in any system	2	If threat to position	
Heading sensors (Gyro)	3	Any failure or loss of performance in any system	2	0	
DP-UPS	3	Any failure or loss of performance in any system	2	If threat to position	
IAS System (K-Chief)	All OS's in CCR/ ECR operational	3	2	If threat to position	
Comms. system	Two systems (DP - Driller)	1	If all communications with drillfloor fails	Situation specific	
Network	2	Any failure or loss of performance in any system	1	0	
Riser Limitation Lower flex joint	< 1,5°	> 1,5°	2,5 - 4°	> 4°	
Riser Twist – Maximum heading change allowed with SLS ring not operational	+/- 30° from Ship's Heading	> 30°	45° or more	Situation specific	
Resulting environmental forces direction	Less than +/-15° on ship heading if total environmental forces cause more than 40% load on online thrusters	More than +/-15° on the ship heading if total environmental forces cause more than 40% load on online thrusters	Situation specific	Situation specific	
Wind speed (10m / 10s)	0 – 15 m/s	15 - 18 m/s or increased forecast	where wind causes advisory on position, heading or power	If threat to position	
Current speed	0 – 1 m/s	> 1 m/s	where current causes advisory on position, heading or power	If threat to position	
Significant Wave height	0 – 2,5 m	2,5 - 5,0 m	5,0 – 8,0 m	> 8,0 m or unable to maintain position	
General / Fire Alarm	N/A	Unconfirmed activation of general or fire alarm	Confirmed fire or emergency	As ordered by Master/OIM	
Risk of collision	N/A	Unexpected vessel TCPA< 30' CPA< 0.5nm	Unexpected vessel within 3nm or 15min with close CPA	As ordered by Master/OIM	
Action required	Normal status	Advise OIM, driller, client	Issue alarm and follow procedures. notify OIM and client	Issue alarm and follow procedures. notify OIM and client	

Note: This WSOG is valid inside 100 metres from the wellhead / spudding or subsea facility position. It is accepted to stay on DP with only DGPS as ref. sensor until acoustic transponders are deployed and, if applicable, LBL arrays are calibrated.

Well escape way: S^o - SE^o

Signed on behalf of Odfjell Drilling:

Signed on behalf of client (Petrobras)


Alfons Hoobe
 Master / OIM
 Deepsea Metro II

Figura 13. Exemplo de Orientações Específicas para o Poço (WSOG)

Fonte: Navio sonda Deepsea Metro II

CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou alguns aspectos do sistema de posicionamento dinâmico em sondas e navios sondas. A aplicação desse sistema a bordo requer operadores de posicionamento dinâmico extremamente treinados, em face do tipo de operação para a qual o DP, neste caso, se destina. O Brasil já ocupa uma posição de destaque mundial, devido ao pré-sal e com ele uma demanda grande de unidades DP, que exigirão a correta familiarização dos DPOs, prontos para mostrar o elevado grau de capacidade técnica, assim como comprovar o bom treinamento adquirido nos centros de instrução.

REFERÊNCIAS

BRAY, D. J *Oilfield Seamanship Series - Dynamic Positioning*. 2nd Edition. London: Oilfield publications – OPL, 2003. vol. 9.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION - IMO. *Guidelines for Vessels with Dynamic Positions Systems*. MSC/Circ. nº 645, 6.6.1994.

IMCA MARINE DIVISION. *The Training and Experience of Key DP Personnel*. IMCA M 117. MSC/Circ. 738. January, 1996.

IMCA MARINE DIVISION. *The guidelines for the design & operation of dynamically positioned vessels*. frev 5 eb/1999.

IMCA MARINE DIVISION. *Engine Room Fires on DP vessels*. IMCA 119, Aug.,1997.

IMCA MARINE DIVISION. *QRA for the use of a dual DGPS system for dynamic positioning*. IMCA 128, Feb.,1995.

IMCA MARINE DIVISION. *Guidelines of the use of DGPS as a position reference in DP control systems*. IMCA 141, Oct., 1997.

WELL, David WELL; BECK, Norman; DELIKARAOGLOU, Dimitris; KLEUSBERG, Alfred et al. *Tranquila Petr Vanicek – Guide to GPS Positioning*. November, 1999.

GLOSSÁRIO

<i>Acoustic Ray Bending</i>	Problemas de curvamento na recepção do sinal hidroacústico. Piora a medida que a distância oblíqua aumenta
<i>Array</i>	Forma geométrica, podendo ser quadrangular ou hexagonal, que mostra a disposição dos beacons ou transponders no fundo do mar
<i>Ball Joint</i>	Ligação entre o riser e o <i>BOP</i> e sua função é de absorver os movimentos da coluna
<i>Beacons (pingers)</i>	Balizas que somente transmitem pulsos acústicos
<i>Blow Out Preventer</i>	O preventor de explosões do Poço
<i>Checklist</i>	Lista de Verificação
<i>Choke</i>	Linhas que existem no <i>BOP</i> e que vão para superfície através do riser
<i>Computer System</i>	Sistema de Computador
<i>Controllable pitch propeller</i>	Propulsores com o passo controlável
<i>Directivity</i>	Diretividade (propriedade do que é direcional)
<i>Det Norske Veritas</i>	Sociedade Classificadora Norueguesa
<i>Dynamic Positioning System</i>	Sistema de Posicionamento Dinâmico
<i>Dynamic Positioning Vessel</i>	Embarcação Posicionada Dinamicamente
<i>Dynamic Positioning Operator.</i>	Operador de Posicionamento Dinâmico
<i>Drift off</i>	A embarcação deriva porque não possui suficiente força propulsiva

<i>Drill string</i>	Coluna de tubos de Perfuração.
<i>Drive off</i>	A embarcação <i>DP</i> é dirigida para fora da posição pela sua própria força propulsiva porque o controlador <i>DP</i> acredita que a embarcação está fora de posição
<i>Fixed propeller</i>	Propulsor de passo fixo
<i>Hardware</i>	Parte física do computador
<i>Heave</i>	Movimento de translação da embarcação no sentido vertical, resultante de forças ambientais como das ondas e marulho
<i>Hertz</i>	Unidade de medida de frequência, 1 Hz (igual a 1 ciclo por segundo)
<i>Hydrophone</i>	Localizado no casco da embarcação são receptores de sinais acústicos provenientes das balizas que somente transmitem e são responsáveis em transformar sinais acústicos em pulsos elétricos enviados ao processador
<i>Inmarsat</i>	Rede de satélite internacionais de comunicações
<i>Joystick</i>	Sistema de Controle por alavanca, por manche
<i>Kill</i>	Linhas que existem no <i>BOP</i> e que vão para superfície através do Riser
<i>Knots</i>	Unidade de velocidade 1 milha náutica/hora (1852 m/h)
<i>Lloyds Register Of Shipping</i>	Sociedade Classificadora Britânica
<i>Lower Marine Riser Package</i>	Controlador do <i>BOP</i> e sendo a sua parte de cima do <i>BOP</i>
<i>Long Short Base Line</i>	Linha de Base Pequena e Longa
<i>Long Super Short Base Line</i>	Linha de Base Super Pequena e Longa
<i>Monohull</i>	Tipo de embarcação somente com um casco

<i>Moon Pool</i>	Abertura num navio sonda por onde são realizadas as operações de perfuração
<i>Multi-Hull</i>	Tipo de embarcação com mais de um casco
<i>Multi-Path</i>	Fenômeno de propagação que resulta em ondas de rádio alcançar a antena receptora por dois ou mais caminhos
<i>Nautical Institute</i>	Instituto Náutico
<i>Noise</i>	Ruído. Principal fator que afeta o sinal do sistema hidroacústico
<i>Off-line</i>	Equipamento desligado
<i>Offset</i>	Afastamento horizontal ou distância horizontal da unidade em relação à origem (posição que representa o poço)
<i>Overpull</i>	Aumento da tensão nos tensionadores
<i>Positional Dilution Of Precision.</i>	Diluição da Precisão da Posição
<i>Proportional–Integral–Derivative.</i>	Tipo de algoritmo do controlador <i>DP</i> chamado Proporcional Integral Derivativo
<i>Pitch</i>	Movimento de rotação da embarcação em relação ao seu eixo transversal
<i>Pontoons</i>	Submarino
<i>Pooling</i>	Sistema de combinação ou união de sensores
<i>Position Keeping</i>	Manter Posicionamento
<i>Power Limiting</i>	Limitador de Potência
<i>Power System</i>	Sistema de Potência
<i>Precise Service Positioning</i>	Serviço de posicionamento preciso, de uso exclusivo de militares

<i>Processor</i>	Interface entre o Controlador e o operador de <i>DP</i> . Está diretamente ligado aos hidrofones e transdutores dos quais recebem e processam os sinais elétricos correspondentes à troca de informações acústicas das balizas e das balizas receptoras e transmissoras, além de gerar os pulsos de interrogação nos sistemas mais modernos
<i>Pseudo-random code</i>	Código de falso-aleatório. É um código digital complicado colocado no sinal
<i>Redundancy</i>	Redundância
<i>Riser</i>	Duto de interligação
<i>Roll</i>	Movimento da embarcação em torno do seu eixo longitudinal
<i>Remotely Operated Underwater Vehicle</i>	Veículo subaquático operado remotamente
<i>Short Base Line</i>	Sistema que utiliza linha de base pequena
<i>Signal Shadow Sector Diagram</i>	Diagrama de Setor de Sombra do Sinal <i>GPS</i>
<i>Single Failure</i>	Falha Simples
<i>Slant range</i>	Distância oblíqua do transponder ao transducer
<i>Slip Joint</i>	Junta telescópica
<i>Software</i>	Parte dos programas do computador
<i>Sonda</i>	Nome genérico dado a navios-sonda e plataformas
<i>Single Point Failure.</i>	Ponto Simples de falha
<i>Sponson</i>	Saliência Lateral do navio usado para suporte e/ou proteção. Serve também para fornecer estabilidade adicional para resistir ao emborcamento
<i>Spot beam</i>	Rede de satélites de comunicações com potência concentrada para cada região do planeta

<i>Standard Position Service.</i>	Um dos níveis de serviço do GPS. Feito para todos os usuários
<i>Stand by</i>	Estado de alerta. Horas paradas ou fora de serviço
<i>Surge</i>	Avanço. Movimento linear da embarcação no sentido longitudinal
<i>Sway</i>	Caimento. Movimento linear no sentido transversal
<i>Time Dilution of Precision</i>	Diluição da Precisão no Tempo
<i>Thruster (Azimuth)</i>	Propulsores do tipo azimutal, capazes de produzir empuxo em todas as direções no plano horizontal
<i>Thruster (bow)</i>	Impelidor de proa, podendo ser do tipo túnel ou azimutal
<i>Thruster (Retractable)</i>	Impelidor ou propulsor que permite seu içamento para reparos. São mais vistos em navios-sonda
<i>Thruster (tunnel)</i>	Impelidor fixo do tipo túnel podendo dar empuxo nos dois sentidos
<i>Thrusters</i>	Denominação genérica dos propulsores, elementos que produzem empuxo propulsivo
<i>Toolpusher</i>	Supervisor da perfuração
<i>Track follow</i>	Modo do <i>DP</i> onde a embarcação segue um rumo pré-estabelecido
<i>Transducer</i>	São equipamentos capazes de transmitir e receber sinais acústicos, podendo se relacionar com balizas receptoras e transmissoras
<i>Transponders</i>	São balizas receptoras e transmissoras que emitem um pulso acústico a uma determinada frequência de resposta (pré-selecionada) toda vez que são interrogados por um pulso acústico com outra frequência por um transdutor

<i>Uninterruptable Power Supply</i>	Fonte para suprir energia para alimentação temporária dos sistemas de controle <i>DP</i>
<i>Voting</i>	Sistema de Eleição
<i>Vertical Reference Unit</i>	Unidade de Referência Vertical. É o mesmo que VRS. Ele mede balanço (<i>roll</i>) e caturro (<i>pitch</i>) da embarcação para compensar estes movimentos no sistema hidracústico
<i>Watch Circles</i>	Círculos de Guarda
<i>Weighting</i>	Pesagem e mistura dos sensores
<i>Wind Feed Forward</i>	Sistema que atua diretamente nos thrusters
<i>Worst Case Failure</i>	Pior caso de falha