

**MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE MÁQUINAS
(APMA 2/2016)**

JADER DE OLIVEIRA GUEDES ARAUJO

**SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO PARA EMBARCAÇÕES
MERCANTES**

**RIO DE JANEIRO
2016**

JADER DE OLIVEIRA GUEDES ARAUJO

**SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO PARA EMBARCAÇÕES
MERCANTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Orientador: Marcelo Alves.

**RIO DE JANEIRO
2016**

JADER DE OLIVEIRA GUEDES ARAUJO

**SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO PARA EMBARCAÇÕES
MERCANTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador: Marcelo Alves.

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

AGRADECIMENTOS

...agradeço aos mestres, que com muita dedicação e paciência contribuíram, cada um a sua maneira, para a minha formação profissional ...

...Dedico este trabalho apenas a minha Mãe, que por me dar a vida e a educação, desempenhou um papel fundamental para a realização da minha vida profissional. Sempre me apoiando..... me ajudando; não descansando por nada nesta vida.

RESUMO

Este trabalho apresenta de forma clara, diversas informações a respeito do sistema de posicionamento dinâmico. Este trabalho contém um histórico de como se desenvolveu a exploração do petróleo e a necessidade de criação do SDP (Sistema de Posicionamento Dinâmico), descrição das forças que agem sobre o navio, os sistemas que compõem o sistema SDP.

Palavras-chave: Forças SDP. Bow Thruster. Stern . Azimuth.

АБСТРАКТНЫЕ

В настоящем документе содержится несколько информации о динамической системы определения местоположения в кратком пути. Эта работа содержит исторический обзор, как была разработана разведка нефти и необходимость создания DPS (Dynamic Positioning System), описание сил, действующих на судно, подсистем, компонует систему SDP.

Ключевые слова: Силы SDP. Носовое подруливающее устройство. Кормовое подруливающее.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	CUSS 1	12
Figura 2:	Graus de liberdade	14
Figura 3:	Forças externas e reações do navio	15
Figura 4:	Esquema dos elementos do sistema DP	17
Figura 5:	Console do sistema de posicionamento dinâmico	18
Figura 6:	Principais sensores utilizados na medição de posição de embarcações	21
Figura 7:	Propulsor azimutal	24
Figura 8:	Bow thruster de túnel	24
Figura 9:	Thruster de túnel	24
Figura 10:	Configuração LBL	26
Figura 11:	Configuração SBL	27
Figura 12:	Configuração USBL	27
Figura 13:	Fambeam	28
Figura 14:	Cyscan	28
Figura 15:	Navio Nordic Rio	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	Desenvolvimento histórico do posicionamento dinâmico	11
2.1	O cenário antes do sistema DP	11
2.2	Surgimento do sistema DP	12
2.3	Finalidades do sistema DP	13
2.4	Vantagens e desvantagens	13
3	MOVIMENTOS DO NAVIO E FATORES AMBIENTAIS	14
3.1	Movimentos do navio	14
3.2	Fatores que influenciam os movimentos do navio	15
4	GENERALIDADES DOS SISTEMA DP	17
4.1	Definição	17
4.2	Computadores	18
5	SUBSISTEMAS	19
5.1	Sistema de sensoriamento	19
5.2	Sistema de estima ou observação da posição do navio	19
5.3	Sistema de controle	19
5.4	Sistema de alocação de força de empuxo	20
5.5	Sistema de referência de posição	20
6	A COMPOSIÇÃO DO SISTEMA DP	22
6.1	Controlador proporcional derivativo	22
6.2	Filtro de Kalmam	22
6.3	Propulsores	23
6.4	Azimutais	23
6.5	Thruster de túnel	24
6.6	Fontes de energia	25
6.7	Uninterrupted Power Supply (UPS)	25
6.8	Hydro Acoustic Position Reference System (HPR)	25
6.9	Long Baseline (LBL)	26
6.10	Super Short-Baseline (SBL)	26
6.11	Ultra Short-Baseline (USBL)	27

6.12	Fambem / CyScan	28
7	OPERAÇÕES	29
7.1	Lançamento de dutos	29
7.2	Entrincheiramento	29
7.3	Mergulho	29
7.4	Remotely operated vehicles (ROV)	30
7.5	Navios aliviadores	30
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

Os Grandes oceanos e mares a muitos anos são explorados, mas devido a complexidade e com o avanço da tecnologia no setor de transporte marítimo e o surgimento das operações em alto mar, surgiu a necessidade de ter um melhor controle sobre o movimento das embarcações.

Para tal foi necessário a indústria naval cada vez mais evoluir tecnologicamente, principalmente no ramo *offshore* e de plataformas. Foi dessa forma que os sistemas de posicionamento dinâmico foram criados e vem sendo constantemente aprimorados conforme cada nova aplicação do mesmo.

Em um passado não muito distante, o controle da posição dessas embarcações era feito através de outros navios ou manualmente através de um operador que jogava com os propulsores e *thrusters* para tentar manter a embarcação na posição desejada, mas estes métodos não garantem a precisão requerida por operações mais sensíveis.

Com o avanço da automação e computadores, surgiu o sistema de posicionamento dinâmico que através de sensores e outros referenciais, consegue manter a embarcação nas posições e trajetórias desejadas.

Este documento reúne diversos aspectos do sistema em questão, abrangendo desde os graus de liberdade do navio e as forças atuantes, até os modos operacionais existentes, os principais sistemas de referência, os equipamentos que compõem o DP (*Dynamic Positioning*) e a figura do ser humano nessa tecnologia, o operador DP.

2 DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DO POSICIONAMENTO DINÂMICO

2.1 O cenário antes do sistema DP

O Sistema de Posicionamento Dinâmico surgiu para tentar “fixar” uma embarcação em pleno em um ponto fixo no mar. No passado, era exigida do operador uma capacidade quase que extraordinária de observar as condições do tempo (mar, vento e corrente), calcular os efeitos deste sobre a embarcação e acionar os diferentes controles de propulsão a todas essas tarefas a tempo de evitar ao máximo a deriva do navio.

Os primeiros poços de petróleo no mar foram perfurados no Mar Cáspio e na Califórnia, estes últimos eram ligados à costa por meio de piers, mas não duraram muito tempo e foram substituídos pelas plataformas de perfuração atuais.

A instalação destas plataformas eram caras, assim como sua movimentação. A fixação se dava por pesos e âncoras que limitavam o movimento das mesmas e permitiam a perfuração em águas mais profundas.

O controle de posição de embarcações também era feito através do posicionamento de sensores acústicos no fundo do mar e através dos desvios da embarcação em relação aos sensores, um operador acionava os impelidores para compensar o movimento e retornar o mais próximo possível da posição inicial. Este método apresentava uma elevada dificuldade para o operador manter a embarcação no local exato devido a necessidade de estar sempre acionando os *thrusters* manualmente, causando assim certa imprecisão.

Esses precursores da tecnologia foram amplamente aperfeiçoados, vide a falta de redundância no sistema, proporcionando cada vez mais precisão e segurança da operação. Atualmente, a principal aplicação do sistema DP está fortemente vinculada a prospecção de petróleo, desde as operações de análise do solo, passando pela extração nas plataformas até as operações de alívio desta riqueza natural, não deixando de lado todos os navios de apoio às plataformas que, para realizar suas operações de aproximação com a devida segurança, também implementam esta tecnologia

2.2 Surgimento do sistema DP

O projeto Mohole foi o pioneiro do sistema DP em 1957, que visava perfurar a camada Moho que se localiza na parte mais externa da Terra. Para alcançar esta camada, seria necessário realizar as operações em águas mais profundas possível.

Em 9 de março de 1961, a bordo da barça *CUSS I*, o primeiro sistema de posicionamento dinâmico entrou em funcionamento com sucesso. Este era composto por quatro propulsores giratórios, dotados de controle individual, e como referência se baseava em quatro bóias com refletores radar submersos para o cálculo da distância por sistema hidroacústico. Assim, foi capaz de se manter num raio de 180m operando numa profundidade de 948m na Califórnia.

Figura 1: CUSS I



Fonte: <http://www.beaconmag.com/moholeprojectoec.html>

Em 1961, utilizando o efeito conjugado dos impelidores, o CUSS1 foi capaz de manter-se sob o ponto de operação, realizando a perfuração a uma profundidade de 948 m.

O desempenho foi tão satisfatório, que não demorou muito para surgirem embarcações com sistemas semelhantes como a Caldrill e Eureka.

Alguns anos depois, franceses, ingleses e noruegueses também desenvolveram seus sistemas, estendendo a atuação de embarcações com posicionamento dinâmico até o Mar do Norte.

Hoje em dia existem cerca de mais de 1.000 embarcações equipados com este sistema, algumas engajadas em operações não relacionadas à indústria do petróleo.

2.3 Finalidades do Sistema DP

Basicamente, as finalidades principais do Sistema DP podem ser definidas como:

- a) Compensar as mudanças de posição do navio causadas por vento, onda e correntes;
- b) Manter as variações de posição da embarcação dentro de limites aceitáveis;
- c) Minimizar o uso do sistema de propulsão para evitar desgaste excessivo.

Existem vantagens e desvantagens de se ter uma embarcação com Sistema DP.

2.4 Vantagens e desvantagens

Existem outras maneiras de fixar uma plataforma ou embarcação em uma determinada posição, cada sistema com vantagens e desvantagens que são fatores preponderantes na escolha de qual embarcação realizará uma operação específica.

O sistema DP possui as seguintes vantagens:

- a) As embarcações são totalmente autopropulsadas; não necessitando de rebocadores em nenhum estágio da operação;
- b) Realiza tarefas mais rapidamente;
- c) Evita o cruzamento de amarrações com outras embarcações;
- d) Pode locomover-se para outra posição com facilidade, inclusive para evitar mau tempo;
- e) Evita danificar amarrações e instalações localizadas no fundo do mar;
- f) Versatilidade;
- g) Pode trabalhar com qualquer profundidade.

E as seguintes desvantagens:

- a) Alto custo de investimento e gastos durante a operação;
- b) Maior consumo de combustível;
- c) Pode perder a posição em correntes, ventos ou ondas muito fortes;
- d) Pode sair da posição em caso de falha de algum equipamento elétrico;
- e) Controle da posição depende de um operador;
- f) Necessidade de uma equipe maior para a manutenção.

Apesar das desvantagens, o sistema DP ainda é o mais viável, pois o risco de danificar os equipamentos instalados no solo oceânico são bem menores em relação a outros sistemas.

3 MOVIMENTOS DO NAVIO E FATORES AMBIENTAIS

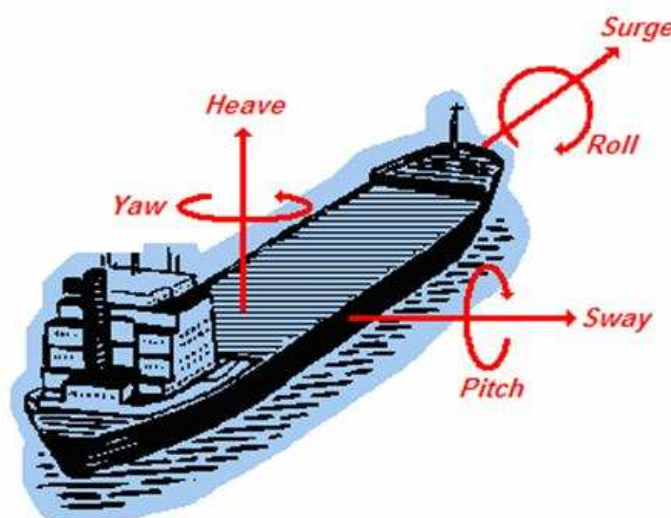
3.1 Movimentos do navio

O movimento realizado pelo navio devido a fatores externos possui seis graus de liberdade em torno de três eixos que passam pelo seu ponto de flutuação, um longitudinal, um transversal e um vertical. Os seis graus consistem basicamente em girar em torno dos eixos ou percorrê-los.

A influência das forças externas nos navios é captada pelos sensores e a resposta a ser dada pelo navio a esses efeitos é calculada eletronicamente. O navio, através de seu eixo possui seis graus de liberdade, três horizontais e outros três verticais. Avanço/recuo (*Surge*) é a movimentação para frente e para trás, caimento (*Sway*) é a movimentação lateral, e o cabeceio (*Yaw*) é a rotação do navio no plano horizontal. O sistema de sensores de referência vertical (*Vertical Reference Senses*) observa a movimentação do navio no caturro (*Pitch*), subida e descida da proa e da popa e do balanço (*Roll*), o giro lateral do navio. O último grau de liberdade, a arfagem (*Heave*), é o último grau de liberdade.

Os únicos movimentos que o sistema controla são o “avanço e recuo”, cabeceio e caimento, pois nas operações, somente interessa controlar a posição no plano horizontal.

Figura 2: Graus de liberdade



Fonte: www.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/atuais/Luciana+CMagno

Devido ao navio poder ser controlado em três direções, e não nas outras três, é natural a divisão dos graus de liberdade controlados pelo DP e não controlados pelo DP.

Independentemente desse controle, todos os movimentos nos graus de liberdade são medidos e calculados pelo sistema DP. Na figura anterior, os graus de liberdade estão divididos conforme essa classificação.

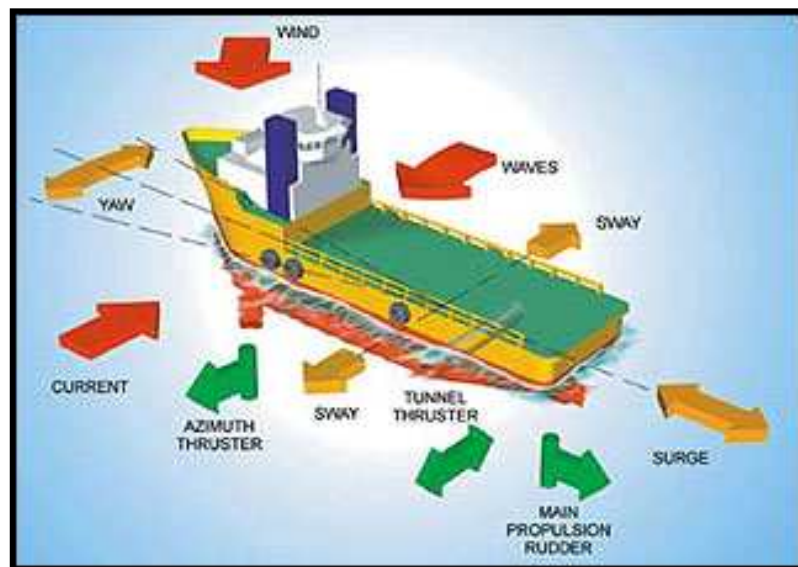
3.2 Fatores que influenciam os movimentos do navio

Ao tentar manter uma posição fixa, um aproamento ou determinada rota, os fatores que mais influenciam para o desvio da posição são os ambientais, que no mar seriam basicamente as correntes, o vento e as ondas, e os causados pelos propulsores como as descargas transversais e longitudinais.

O sistema de referência de posição, da agulha giroscópica e dos sensores de movimento vertical medem a resposta do navio a essas forças, ou seja, o desvio causado por elas. Assim, o sistema calcula a grandeza deste desvio e a força com que os impelidores devem atuar de forma a manter o menor erro possível em relação à posição desejada.

Outro recurso do sistema é estimar as forças da corrente, das ondas e do vento que agem sobre a embarcação, para calcular a força necessária para opô-las.

Figura 3: Forças externas e reações do navio



Fonte: www.oceanica.ufrj.br

Cabe ressaltar que, além dos elementos naturais supracitados, outros fatores que influenciam na perfeita estabilidade da embarcação DP são as forças de resistência, o formato da embarcação, os apêndices no casco, a rugosidade do casco e a viscosidade da água no qual a embarcação está submersa. Estes podem parecer serem de relevância menor, contudo não devem ser deixados de lado quando se deseja obter um resultado muito preciso. Nos navios quebra-gelo, por exemplo, é considerada a força de resistência da camada de gelo a ser transposta. Isso também ocorre nas operações de dragagem e lançamento de dutos.

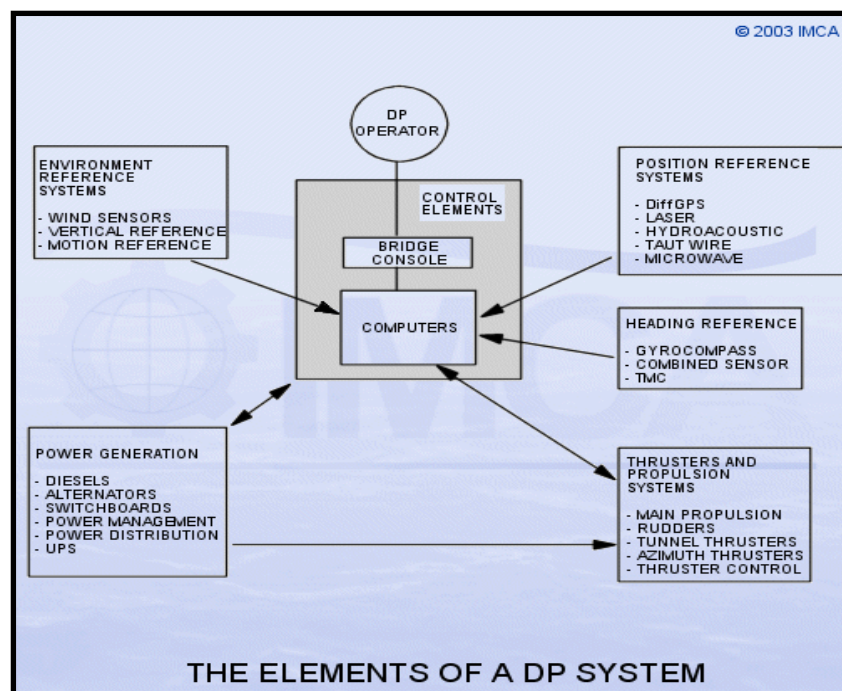
4 GENERALIDADE DO SISTEMA DP

4.1 Definição

Embarcações de tamanhos variados com Sistema de Posicionamento Dinâmico - DP, vêm sendo utilizadas mais no setor *off-shore*, onde operações como suprimento de plataformas, lançamento de tubulações, aliviamento de óleo da plataformas e perfurações de poços de petróleo, exigem que as mesmas tenham um controle preciso da sua posição.

É um sistema que mantém automaticamente o aproamento ou a posição de uma embarcação através de propulsão ativa dos impelidores. Um computador central processa os dados obtidos por sensores como a agulha giroscópica, anemômetro e GPS, e compara com a posição e a direção da proa determinadas pelo operador, determinando assim qual o desvio e qual a força necessária para realizar a correção.

Figura 4: Esquema dos elementos do sistema DP



Fonte: www.dynamicpositioning.wordpress.com/2011/04/2

O sistema DP pode ser absoluto, em que a referência é um ponto fixo na superfície, ou relativo, quando a referência é outra embarcação, uma plataforma ou outro objeto qualquer tanto na superfície quanto no fundo do mar.

4.2 computadores

Os computadores são uma peça chave no sistema DP. Possui um modelo matemático que usa os dados recebidos dos sensores e de posicionamento para calcular quais thrusters devem ser acionados e o quanto de potência cada *thruster* deve utilizar. Esse modelo se baseia nas características físicas do navio, tais como massa, volume, formato e calado. Desenvolve-se o modelo com base em modelos e ensaios de projeto simulando a situação real que a embarcação enfrentaria.

O sistema básico é aquele no qual as unidades externas, como sensores, thrusters e sistemas de referência, são ligadas diretamente ao computador. Já o sistema integrado é aquele no qual as unidades são ligadas ao computador através de uma rede de dados. Alguns sistemas possuem dois ou três computadores independentes. Se o sistema estiver composto de duas ou três vezes o número de sensores, sistemas de referências e painéis de controle eles são chamados de sistemas duplamente redundantes ou triplamente redundantes.

Estes sensores são: *Anemômetro*-envia para a unidade de controle as informações de intensidade e direção do vento; *Agulha Giroscópica* -envia para a unidade de controle a informação de aproamento da embarcação; *VRS (Vertical Reference Sensor)*- envia para a unidade de controle as informações de caturro e balanço da embarcação.

Figura 5: Console do sistema de Posicionamento Dinâmico



Fonte: SILVA, Lucinyo Fabio Marques. O sistema de posicionamento dinâmico para embarcações mercantes. 2013.

5 SUBSISTEMAS

5.1 Sistema de sensoriamento

O sistema de sensoriamento consiste de sensores que são responsáveis por coletar dados que auxiliam na determinação da posição atual e da grandeza das forças que atuam sobre o navio, responsáveis pelo seu deslocamento. Geralmente esses equipamentos possuem redundância, garantindo o bom funcionamento do sistema e maior confiabilidade.

Os mais importantes são aqueles que coletam dados relativos à posição da embarcação em um plano horizontal e de fatores que possuem maiores influencias sobre estes graus de liberdade. A agulha giroscópica, por exemplo, serve para medir o ângulo formado entre a proa e o norte verdadeiro. Através do GPS, o sistema pode determinar a qual a distancia do navio para um ponto de referência, ao mesmo tempo em que um emissor de sinais hidroacústicos pode cumprir a mesma função, garantindo maior precisão da posição.

Os sensores de forças ambientais como o vento, a corrente e as ondas também fazem parte deste sistema. O vento é medido por um anemômetro e seu comportamento é analisado de maneira que o computador estime a sua força e atue com os *thrusters* para contrabalançá-lo. Em relação às ondas e correntes, é necessário que estas forças causem um desvio da embarcação para então fazer a correção, não é possível a estimativa destas forças com a tecnologia atual.

5.2 Sistema de estima ou observação da posição do navio

O sistema de estima ou observação da posição do navio é responsável por filtrar o desvio da embarcação e reconstruir estados não medidos do sistema. Comparando os dados obtidos e os estimados através de modelos matemáticos, o sistema obtém resultados que serão submetidos a análise. Existem três tipos de observadores de estado, probabilísticos, os determinísticos e os de aprendizagem por meio de redes neurais.

5.3 Sistema de controle

O sistema de controle é a parte lógica que determina a força com que os *thrusters* devem reagir aos fatores externos causadores do desvio do navio, para que este se posicione na condição determinada pelo operador. Este sistema deve estar apto a manter o controle em eventuais falhas nos sensores, no *hardware* ou mudança das forças externas.

Em um sistema de controle simples, ao surgir uma mudança, ocorre uma reação logo em seguida a fim de controlá-la. Pra evitar oscilações muito grandes do sistema, é necessário que haja um amortecimento dessas respostas. A quantidade de oscilações e complexidade da resposta ocorrem devido a natureza das forças que agem sobre objetos flutuantes no mar, a capacidade de percepção do sistema e as características de cada navio.

5.4 Sistema de alocação de força de empuxo

O sistema de alocação de força de empuxo é um algoritmo instalado no subsistema de controle, e é responsável por fazer com que o conjunto de propulsores mantenha a embarcação em uma determinada posição no maior tempo possível com o menor consumo de energia possível. O subsistema não só gera uma economia no combustível, como evita a saturação dos propulsores e compensa as forças em caso de mal funcionamento de um deles.

Para o cálculo da distribuição de forças, o subsistema deve levar em consideração algumas restrições funcionais como a interação entre o casco e o propulsor, a saturação de cada um dos *thrusters* e a interação entre eles.

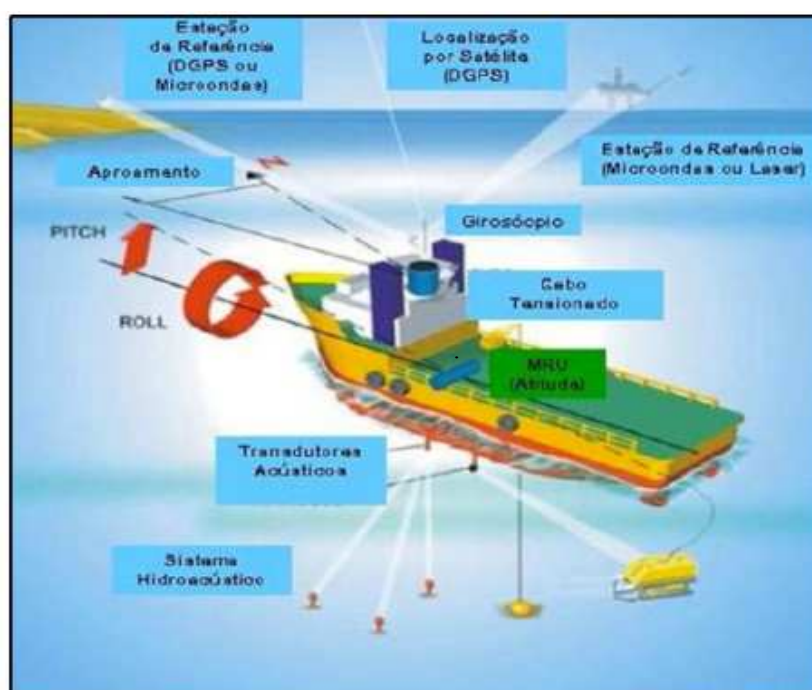
5.5 Sistema de referência de posição

O sistema de referência de posição serve para determinar a posição da embarcação na superfície do mar (absoluto) ou em relação à outra embarcação, plataforma ou outro objeto qualquer tanto na superfície quanto no fundo do mar (relativo).

Este subsistema possui varias ferramentas para a determinação da posição, como o GPS/DGPS, o sistema hidroacústico, o *taut-wire*, *cyscan* entre outros. Cada equipamento com métodos diferentes de operação, como veremos em alguns exemplos a seguir:

- a) **GPS/DGPS** – O sistema de posicionamento global utiliza um receptor que calcula a distância da embarcação com três satélites diferentes, resultando em três esferas com o raio igual a essas distâncias. A interseção das esferas determina a posição do navio.
- b) **Sistema hidroacústico** - Um transdutor no casco do navio interroga um *transponder* posicionado no fundo do mar através de ondas sonoras. Este sensor “escuta” a interrogação e emite uma resposta para o transdutor, que calcula a sua posição em relação ao sensor através do tempo de resposta, da velocidade do som na água e do ângulo de incidência.
- c) **Taut-wire** –O sistema utiliza um cabo preso em uma poita que é mantido sob tensão constante por um sistema de compensadores interligados a um guincho hidráulico. Um sensor eletromecânico mede os ângulos de inclinação no em relação aos eixos longitudinal e transversal. As diferenças de voltagem em dois planos são interpretadas pelo sistema de posicionamento dinâmico como ângulos, os quais associados à lâmina d’água e à posição da poita em relação à locação indicam o afastamento da embarcação do ponto estipulado.
- d) **CYSCAN** –O cyscan é um sistema baseado em leitura óptica por laser infravermelho. Uma estação é posicionada na embarcação e outra é instalada em um ponto fixo (plataforma, terra, FPSO e etc.) que são chamados de refletores. A unidade ligada ao SDP emite um laser que é refletido pelos refletores de volta para a unidade emissora, que calcula a distância em relação ao ponto fixo.

Figura 6: Principais sensores utilizados na medição de posição de embarcações



Fonte: Jornal Pelicano (<http://www.projeto memoria.org/2009/08/sistema-de-posicionamento-dinamico/>)

6 A COMPOSIÇÃO DO SISTEMA DP

6.1 Controlador proporcional integral derivativo

O controlador PID (proporcional mais integral mais derivativo) combina as características de grande estabilidade do controlador derivativo e as eliminações do erro do controlador proporcional mais integral, em um único controlador. O controlador proporcional mais integral, para eliminar o erro de *off-set*¹ do controle proporcional sem o inconveniente do operador ter que compensar ou eliminar o erro através do reajuste manual, os fabricantes adicionam aos controladores proporcionais o modo de controle integral, que elimina o erro de *off-set*, automaticamente. Já o modo de “ação derivativa” de controle aplica no sistema uma correção proporcional à velocidade de aumento do desvio verificado. A ação derivativa de controle, também é denominada de pré-ativa, antecipatória ou rate.

Aplicado no sistema DP funciona basicamente avaliando o erro entre a posição obtida e o *set-point* (valor determinado), e dividindo este no três graus de liberdade controlado pelo DP: avanço/recuo, cabeceio e caimento.

Este erro é processado e são aplicadas as forças necessárias para a compensação da posição, com a componente derivativa minimizando a força para o navio não passar da posição e a componente integrada para não permitir que a embarcação fique estável fora do *set-point*. Este é o sistema mais antigo, porém ainda é o mais disseminado.

6.2 Filtro de Kalman²

O filtro de Kalman é um conjunto de algoritmos desenvolvido com finalidades militares e espaciais, usado posteriormente para fazer a estima do movimento do navio tendo como referência a posição oriunda de sinais de diversos tipos de sensores, e com uma excelente capacidade de filtrar e combinar os mesmos, trazendo assim uma alta precisão, além de estimar as forças de ondas e correntezas com esses dados. O comportamento do

¹ Erro de off-set: Mudanças sucessivas num controlador automático acabando gerando um erro mínimo conhecido como erro de regime ou off-set, que não permite que o sistema alcance o resultado exato, independentemente do número de correções aplicadas.

² Rudolf Emil Kalman é um matemático húngaro naturalizado estadunidense, inventor da técnica batizada com seu sobrenome, o Filtro de Kalman, que é fortemente utilizada na engenharia de automação.

navio será descrito através de um modelo matemático linear, fazendo uso de processos probabilísticos para filtrar as incertezas de posição, reduzindo possíveis erros provenientes das medições de posição e rumo verdadeiro. A estimativa estatística das variáveis de estado (posição e velocidade) será para uma condição ótima, ou seja, a melhor estimativa será baseada em correção de cada medida individual.

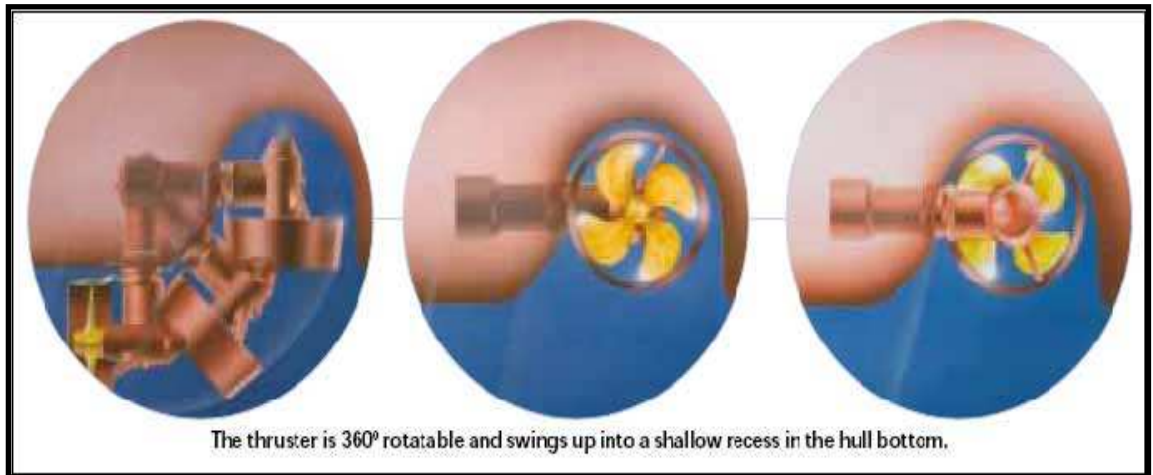
Esse filtro ainda possui um banco de dados onde são armazenados todos os processos feitos durante as operações e, no caso de falha total ou parcial dos sistemas de referência, este mantém a posição do navio por cerca de 8 minutos se baseando nos dados registrados anteriormente.

6.3 Propulsores

O grande atuador do sistema de posicionamento dinâmico é o sistema de propulsores. No sistema DP, os thrusters são definidos como o componente que gera forças que compensam os movimentos do navio. Por essa definição, propulsores e lemes são thrusters da mesma maneira. O sistema DP calcula o uso otimizado dos thrusters, evitando o desperdício de força e energia. Os tipos de thrusters mais comuns são: Propulsores e lemes, thrusters azimutais e, thrusters de túnel (*bow* e *stern*). Os propulsores com lemes podem ter um ou dois hélices, passo fixo ou variável, passo constante ou controlável.

6.4 Azimutais

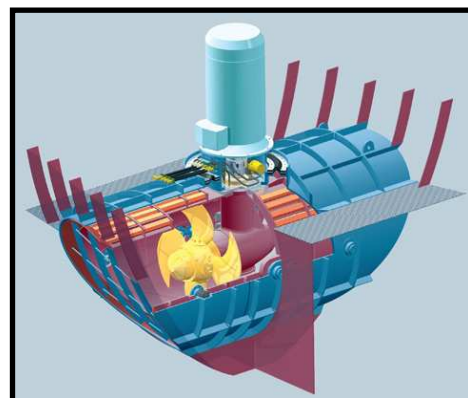
Os propulsores azimutais geralmente são propulsores de túnel, com o passo variável e constante. Os azimutais de maior porte possuem passo fixo e controlável. Tanto os menores quanto os maiores podem também ser fixos ou retráteis. Uma desvantagem é que eles são um apêndice no casco, estando sujeitos a avarias. Podem ser utilizados como o meio de propulsão principal da embarcação. Uma variação desse sistema são os azipods, que tem como característica ter o seu motor também submerso junto ao hélice, sendo bons contribuintes na manobrabilidade do navio.

Figura 7: Propulsor azimutal

Fonte: SILVA, Lucinyo Fabio Marques. O sistema de posicionamento dinâmico para embarcações mercantes. 2013.

6.5 Thrusters de túnel

Este tipo de propulsor dedica-se basicamente para a manobra de baixa velocidade, governo de emergência e manutenção de posição. São instalados no sentido transversal da embarcação, na proa ou na popa. Tipicamente, nas configurações dos navios DP, são colocados dois desses propulsores uma ao lado do outro, e sempre o mais a ré ou o mais a vante possível, para obter máximo momento de força para o giro.

Figura 8: Bow thruster**Figura 9:** Thruster de túnel

Fonte: SILVA, Lucinyo Fabio Marques. O sistema de posicionamento dinâmico para embarcações mercantes. 2013

6.6 Fontes de energia

A necessidade de energia elétrica é muito maior em um navio DP em comparação com um navio convencional. Nestes navios todos os thrusters, bombas e sistemas auxiliares são alimentados por energia elétrica. Toda a força elétrica gerada alimenta um barramento de força que a distribui para os demais sistemas. Para prover redundância nesse sistema, deve haver no mínimo dois quadros de distribuição e um quadro de emergência de emergência. Sistemas de gerenciamento de energia tem intenção de garantir que quedas bruscas de energia ou blecautes sejam evitados. Levando em consideração os aspectos de operações seguras e de redundância, o monitoramento do uso de energia deve ser constante. Devido a razões de segurança, a operação DP não deve ser executada quando a demanda de energia for superior a 80% da energia disponível, ou quando qualquer equipamento de propulsão estiver, individualmente, excedendo sua capacidade em 80%. O próprio sistema de gerenciamento alerta quando tais limites são alcançados e/ou ultrapassados. Isso se deve ao fato de, no caso de uma emergência, os propulsores terem capacidade reserva de força para alterar a sua manobra e, por exemplo, se afastar de uma plataforma.

6.7 Uninterrupted Power Supply (UPS)

Um sistema simples de gerenciamento de energia é uma forma de prevenção de blecautes, garantindo que o sistema DP e todos os seus componentes devem ser alimentados por uma fonte ininterrupta de energia, chamada UPS (*Uninterrupted Power Supply*), que deve ter a capacidade de fornecer um mínimo de 30 minutos de alimentação independente, com baterias. Uma vantagem trazida por essa tecnologia é a preservação de dados coletados que, por ventura, venham a se perder por uma queda de energia.

6.8 Hydro Acoustic Position Reference System (HPR)

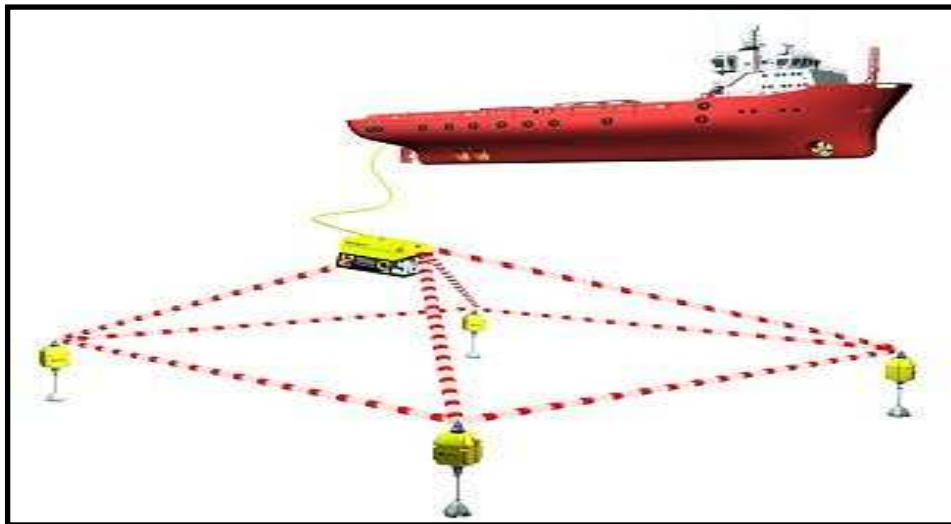
É um sistema local de referência de posicionamento. Este sistema consiste em transdutores localizados a bordo dos navios, no casco, se comunicando com transpondedores localizados no fundo do mar. A comunicação é feita através de ondas acústicas, e a posição é relativa aos transpondedores no leito marinho, sendo calculada em função da profundidade. A velocidade do som na água depende da salinidade e da temperatura, variando entre 1400 m/s e

1600 m/s. Uma desvantagem desse sistema é que ele está sujeito a interferências devido aos ruídos submersos causados pelos thrusters ou outros transpondedores de unidades na mesma área. Diferentes modos desse sistema são usados, e os mais aplicados são estes a seguir.

6.9 Long Baseline (LBL)

Esta configuração se baseia na trilateração de distâncias simultâneas, gerando uma redundância que aumenta a precisão. Os transpondedores estão localizados em posições conhecidas no fundo do mar, com a distância de pelo menos 500 metros entre si e devem ser no mínimo três. Apenas um transdutor é instalado a bordo do navio, e este sistema pode ser usado em lâminas d'água de até 4.000 metros.

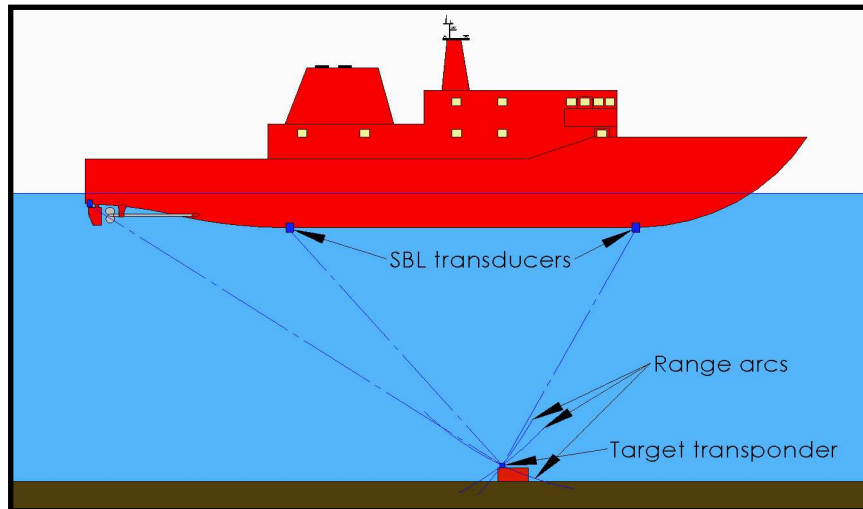
Figura 10: Configuração LBL



Fonte: SILVA, Lucinyo Fabio Marques. O sistema de posicionamento dinâmico para embarcações mercantes.2013

6.10 Super Short-Baseline (SBL)

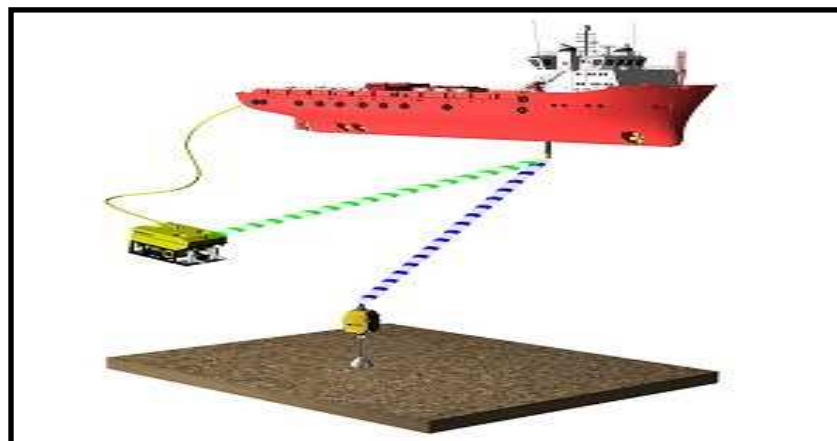
Agora o navio que possui o conjunto de equipamentos, e no leito do mar existe apenas um transpondedor. Nessa configuração também há a utilização das distâncias para determinação da posição, mas devido ao fato dos transdutores serem mais de um, devem ser considerados os dados de balanço e caturro fornecidos pelo VRS.

Figura 11: Configuração SBL

Fonte: SILVA, Lucinyo Fabio Marques. O sistema de posicionamento dinâmico para embarcações mercantes. 2013

6.11 Ultra Short-Baseline (USBL)

A característica principal dessa configuração é a possibilidade de ser operado apenas com um ROV, sem a dependência do equipamento localizado no fundo do mar. O cálculo da posição é feito com marcações e distâncias entre o transdutor a bordo e o transceptor localizado no alvo. Esses dados devem ser combinados com o aproamento do navio e as informações do GPS.

Figura 12: Configuração USBL

Fonte: SILVA, Lucinyo Fabio Marques. O sistema de posicionamento dinâmico para embarcações mercantes. 2013.

6.12 Fanbeam / CyScan

O Fanbeam e o CyScan são sistemas locais relativos de referência de posição, usando raios laser para medir a marcação e a distância entre o emissor e o refletor.

O refletor, por se tratar de uma peça portátil, muitas vezes é passado para outra embarcação por aquela que possui o sistema e posicionado para tornar mais preciso o cálculo da distância entre as embarcações, comparando esses dados com aqueles oriundos de outro sistema de referência.

Figura 13: Fanbeam



Fonte: <http://www.indiamart.com/proddetail/fan-beam-system-for-dp-vessel-2179500573.html>

Figura 14: CyScan



Fonte: SILVA, Lucinyo Fabio Marques. O sistema de posicionamento dinâmico para embarcações mercantes. 2013

7 OPERAÇÕES

Neste capítulo serão abordados alguns exemplos de operações que utilizam o sistema DP. A maioria delas são realizadas nos setores *off-shore* para instalação e apoio de plataformas.

7.1 Lançamentos de dutos

Os navios que lançam dutos no fundo do mar transportam as tubulações em várias partes. Durante a operação, a embarcação pára e uma equipe começa a soldar uma parte da tubulação em uma das extremidades do duto que esta sendo lançado. Como o duto é inflexível, o navio precisa estar permanecer no local determinado com precisão através do SDP. Após a solda, o navio avança a distância de um dos pedaços da tubulação, dando continuidade à operação de lançamento de dutos.

7.2 Entrincheiramento

As operações de entrincheiramento são realizadas antes de lançar os dutos e encanamentos, pois servem para assegurar-los após a instalação. Podem ser realizadas através de um navio rebocando uma espécie de “charrua” ou através de um “entrincheirador” auto-comandado.

Durante a escavação com o equipamento independente, a embarcação utiliza o modo *follow target* para acompanhar as operações. Caso esteja usando a “charrua”, o navio utiliza o modo *auto track*, de modo a escavar com precisão os locais certos.

7.3 Mergulho

Algumas embarcações servem de apoio a operações de mergulho. Os mergulhadores podem exercer diversas funções desde manutenção, inspeção, instalação e configuração de equipamentos, fiscalização de alguma operação ou busca e recolhimento de algum equipamento perdido no fundo do mar.

Tais embarcações necessitam do DP para controlar sua posição. Caso contrário poderia arrastar o mergulhador, cortar o suprimento de oxigênio ou até mesmo fazer com que o “umbilical” enrosque nos *thurters* ou no azimutal.

7.4 Remotely operated vehicles (ROV)

Quando as operações no fundo do mar se encontram em grandes profundidades ou em locais perigosos (próximos aos locais de perfuração), ao invés de utilizar mergulhadores, utilizam-se os ROVs ou *remotely operated vehicles* (veículos operados remotamente), que podem trabalhar em condições extremas de pressão controladas por um operador localizado a bordo do navio de apoio, ou seja, em segurança.

O ROV é ligado ao navio através de um umbilical que transmite energia, os sinais de comando e controle do operador, e emite os dados dos sensores do robô de volta para a superfície. Hoje em dia, muitos ROVs conseguem se desprender do “umbilical” (que permanecem verticais devido ao peso) e operar com um cabo mais leve, livrando-se da dinâmica da superfície do mar, que pode tirá-lo da sua área de trabalho.

7.5 Navios aliviadores

O FPSO é estrutura flutuante com capacidade de produção, estoque e alívio de petróleo em águas profundas. Como a extração do petróleo não pode parar, são necessários navios aliviadores para realizarem a retirada do petróleo e transportá-lo para terra.

Figura 15: Navio Nordic Rio (Aliviador)



Fonte: Arquivo de fotos do DP ST Nordic Rio. 2015

Navios aliviadores são navios com características de um petroleiro, porém com a capacidade de ser carregado em alto mar. Antigamente, utilizavam-se rebocadores para manter o navio em posição durante o carregamento, hoje, para dispensar os rebocadores, navios aliviadores mais modernos possuem o sistema de posicionamento dinâmico.

A operação inicia-se com a aproximação lenta do aliviador em direção à FPSO. Ao alcançar a distância de operação, o navio aliviador lança uma espia que guiará o mangote de transferência de óleo para a tripulação da plataforma. A transferência do óleo ocorre no equipamento de carga pela proa (*Bow Loading System*). Durante o tempo em que o produto está sendo bombeado para o aliviador, o navio deve permanecer na mesma posição. Concluída a transferência, o navio volta para o terminal, onde efetuará a descarga.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha do tema da monografia se deu em função de eu ter sido tripulante de embarcações com esse sistema e além disso, fui influenciado por todo este sistema inovador que ao longo dos últimos anos vem mudando toda a operacionalidade da Marinha Mercante, fazendo com que a mesma esteja lado a lado e acompanhando toda a tecnologia que o mundo atual nos oferece, nos permitindo operar com maior rapidez e segurança.

Tenho grande esperança que este material possa contribuir de alguma forma, para aqueles que como eu sabia da existência deste novo universo que abrange as embarcações mais modernas, que operam hoje em nossos mares e que mostre o quão tecnológico e vasto é nossa profissão, levando-nos a nos aperfeiçoarmos cada vez mais, a fim de atingirmos um grau de excelência na execução de nosso trabalho.

REFERÊNCIAS

Dynamic Positioning (DP) Basic Operator Course. Training Manual. Kongsberg.

EDUCATIONAL whatis. Disponível em:

<<http://www.rov.org/educational/pages/whatis.html>>. Acesso em: set. 2016.

FIORI, Tatiana Prado. Sistema de posicionamento dinâmico para navios mercantes. Rio de Janeiro, 2013. 57p.(Monografia consultada)

SILVA, Lucinyo Fabio Marques. O sistema de posicionamento dinâmico para embarcações mercantes. Rio de Janeiro, 2013. 35p. (Monografia consultada)

Imagem. Disponível em: <<http://www.pbase.com/image/106718105>>. Acesso em: set. 2016.

INT. Disponível em: <<http://www.imca-int.com/>>. Acesso em: set. 2016.

KONGSBERG. Disponível em: <<http://www.km.kongsberg.com>>. Acesso em: set. 2016.

OCEÂNICA. Disponível em: <<http://www.oceanica.ufrj.br/>>. Acesso em: set. 2016.

INDIASMART. Disponível em: <<http://www.indiasmart.com/>>. Acesso em set.2016

PEREIRA, Sidnei E. Estabilidade para embarcações mercantes. Rio de Janeiro, 2011.

PETRÓLEO. Disponível em: <<http://www.suapesquisa.com/geografia/petroleo/>>. Acesso em: set. 2016.

PORTOS e navios. Disponível em: <<https://www.portosenavios.com.br/.../29192>>. Acesso em: set. 2016.

PROPULSÃO marítima. Disponível em: <www.roplan.com/pt/referencias/propulsao-maritima.html>. Acesso em: set. 2016.

ROLL Royce. Disponível em: <www.rollsroyce.com>. Acesso em: set. 2016.

SISTEMA de posicionamento dinâmico. Disponível em:

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_posicionamento_dinamico>. Acesso em: set. 2016.

TANNURI, Eduardo Auon. Sistemas de posicionamento dinâmico: Projeto, análise e novos desenvolvimentos. São Paulo, 2009. Texto sistematizado de pesquisa (Livre Docência) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecatrônica e Sistemas Mecânicos.

TECNOLOGIA MARÍTIMA. Disponível em:

<<http://tecnologiamaritima.blogspot.com.br/2012/07/posicionamento-dinamico-parte-5.html>>. Acesso em: set. 2016.