

INTRODUÇÃO

Há muitos anos os mares são explorados, mas devido a complexidade e variedade de riquezas que eles detêm, a sua exploração tornou-se mais complexa do que a terrestre. Em busca de pedras preciosas, minério, e principalmente petróleo, o ser humano foi obrigado a expandir seus horizontes e explorar o sub-solo marinho para encontrar mais riquezas desse tipo.

Para tal busca obter sucesso 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.

A necessidade de redução de riscos e cada vez maior precisão nas operações de perfuração de petróleo e pesquisa dos solos marinhos, a navegação através de pontos pré-determinados, além da fixação do navio numa determinada posição utilizando as referências de satélites, estações de terra ou o próprio fundo do mar, sempre com o controle do aproamento do navio são os objetivos principais do sistema de posicionamento dinâmico, sendo estas aplicabilidades identificadas conforme as necessidades do mercado.

Este trabalho 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.

Através das explicações que serão apresentadas, serão citadas as aplicações possíveis de acordo com a especificação do sistema, sendo em toda sua variedade de qualquer forma atividades que dependem do sistema de posicionamento dinâmico para acontecerem com a segurança necessária e total êxito sem prejuízos.

CAPÍTULO I

HISTÓRICO DO SISTEMA DP

“Os navios estão a salvo nos portos, mas não foi para ficar atracados que eles foram criados.” Autor desconhecido

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

Nota-se que esta era uma tarefa extremamente cansativa e totalmente dependente da habilidade humana, sem alcançar a precisão necessária e colocando a embarcação e inclusive o próprio operador em risco. Dessa maneira, foi no final da década de cinquenta e início da década de sessenta que surgiu o primeiro projeto de desenvolvimento de sistema de posicionamento dinâmico, o projeto *Mohole*, de 1957. Após quatro anos de investimento em tecnologia e material procurando uma forma ideal de prospecção, 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".

Nesse mesmo ano, posteriormente, a “Shell Oil Company” lançou a plataforma Eureka, que já introduzia automatização do controle dos propulsores. Em seguida, em 1964, a “Caldrill Offshore Company” foi lançado, em projeto similar ao do Eureka, lançou o navio Caldrill 1. Ambos dotados de sistema *TautWire* para o cálculo da posição, e foram ambos bem sucedidos. Como o Cuss I possuía controle manual, estes projetos mais recentes apresentaram ao mundo as primeiras embarcações de posicionamento dinâmico. De qualquer maneira, foi apenas em 1977, ano do lançamento do SS Uncle John, o sistema foi batizado como *Dynamic Positioning* (DP).

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. A necessidade de hidrocarbonetos ao redor do mundo nos dá uma idéia da quantidade de embarcações e plataformas DP que diariamente são utilizadas nas operações de perfuração e extração e no posicionamento das plataformas semi-submersíveis e FPSO’s.

CAPÍTULO II

O QUE É O SISTEMA DP?

De acordo com a *IMO*: Embarcação de posicionamento dinâmico é aquela que mantém automaticamente sua posição (ponto fixo ou trajetória predefinida) exclusivamente por meio de propulsores.

Um navio de posicionamento dinâmico mantém sua posição fixa ou segue uma rota pré-determinada sendo impulsionada exclusivamente por meio de thrusters, respondendo as intempéries do ambiente marinho. Já o sistema de posicionamento dinâmico é todo o aparato tecnológico necessário para se manter o navio na posição. O sistema DP é um sistema complexo que pode ser usado com variadas combinações. Ele controla automaticamente a posição e aproamento de uma embarcação por meio de propulsão ativa, é composto por variáveis capazes de tornar seu posicionamento mais preciso, tais como GPS, DGPS, anemômetros, Giroscópios, bússolas magnéticas, entre outros. Seus atuadores para mantê-los na posição são propulsores, thrusters azimutáveis ou fixos, com ou sem controles de velocidade e leme e um computador central, que é responsável pela execução das correções de posição e pela interface com o operador.

Por ser chamado de Posicionamento Dinâmico, é aceitável imaginar que apenas as coordenadas geográficas de posicionamento da embarcação serão a prioridade, contudo aqui observaremos que a manutenção do aproamento é também importante e até priorizada em relação ao posicionamento. A chave do sistema está baseado no posicionamento ser dado em relação a uma referência e, estando essa referência em trânsito, a embarcação também irá se mover. A compreensão deste princípio facilita a posterior análise correta dos variados modos de operação adequados para diferentes finalidades.

2.1 Finalidades do Sistema DP

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

1. Compensar as mudanças de posição do navio causadas por vento, onda e correntes;
2. Manter as variações de posição e aproamento da embarcação dentro de limites aceitáveis;
3. Minimizar o uso do sistema de propulsão para evitar desgaste excessivo.

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

2.2 Vantagens

1. Não é necessário a presença de rebocadores para mudança de locação;
2. A embarcação é totalmente manobrável;
3. Rápidas respostas às variações climáticas e exigências operacionais;
4. Versatilidade e Operacionalidade.

2.3 Desvantagens

1. Pode haver perda de posição devido à falha de equipamentos;
2. Custo mais elevado que as plataformas convencionais;
3. Alto consumo de combustível;
4. Ameaça aos ROVs e Mergulhadores;
5. Exige mais pessoal para operação e manutenção do sistema.

CAPÍTULO III

INFLUÊNCIAS SOBRE AS EMBARCAÇÕES

3.1 Graus de liberdade

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.

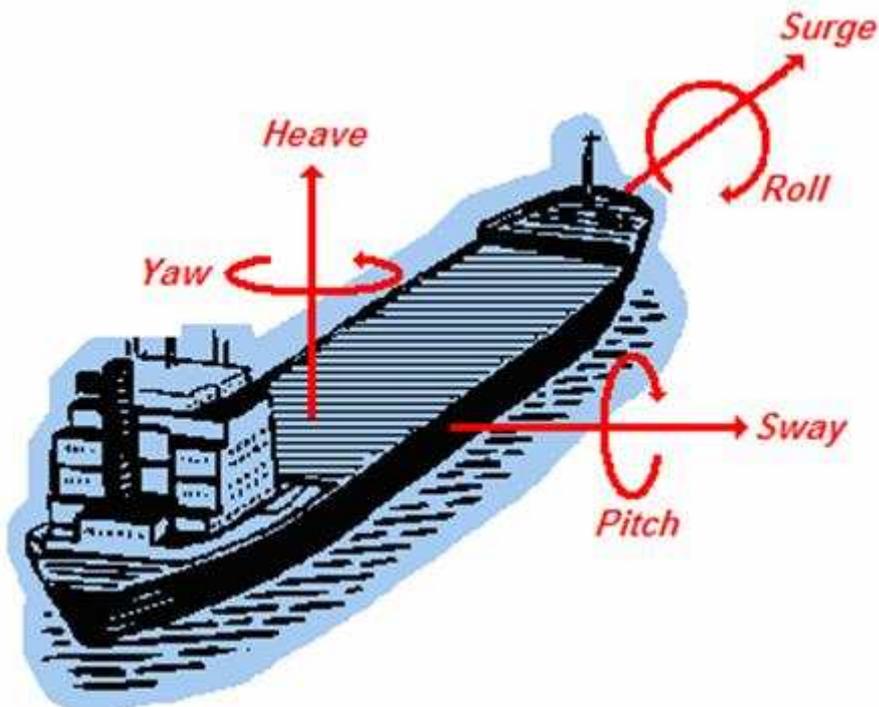


Figura 2- "Graus de liberdade"

Devido ao navio poder ser controlado em três direções, e não nas outras três, é natural a divisão dos graus de liberdade em 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 Forças externas

Qualquer embarcação, enquanto navegando, está sujeita às forças do meio marinho. Por ordem de intensidade de influência, estas são: Vento, corrente e ondas. O sistema DP calcula o desvio entre a posição atual do navio e a posição requisitada pelo operador, e determina a força necessária que os propulsores devem exercer para que o desvio seja o menor possível. A posição da embarcação é fornecida pelo sistema de referência e o aproamento pela agulha giroscópica.

3.2.1 Corrente

As correntes marítimas correspondem às massas de água que migram em distintos rumos ao longo dos oceanos e mares. São causadas por diversos motivos: correntes oceânicas, correntes de maré, correntes de deriva, corrente de ressaca (na região litorânea). Esta, por sua vez, atua nas obras vivas do navio (parte imersa) e, assim como o vento, gera uma força que empurra a embarcação no seu sentido de fluxo. Da mesma forma, quanto mais área submersa existir, maior será a influência sobre a embarcação.

3.2.2 Vento

O vento é o fluxo de gases em curta escala. Na Terra, este corresponde ao deslocamento do ar, que migra de regiões de alta pressão atmosférica para pontos onde essa pressão é inferior. Existem sensores para a obtenção precisa da intensidade do vento, chamados anemômetros, que serão mais detalhados junto a outros sensores mais adiante. O vento pode influenciar a embarcação de maneiras diversas, dependendo por onde este está entrando. A maior intervenção está no vento de través, que conforme a altura do costado irá provocar mais ou menos banda e também uma alteração no aproamento da embarcação.

3.2.3 Ondas

Em física, uma **onda** é uma perturbação oscilante de alguma grandeza física no espaço e periódica no tempo. É causada pelo movimento proveniente de uma fonte para um meio (sólido, líquido e gasoso). A razão para esta ser a menor causa de influência natural sobre as embarcações reside no fato de as ondas não transmitirem massa pelo oceano, e sim energia. Além disso, conforme a profundidade aumenta diminui a transferência de energia e, conseqüentemente a influência é cada vez menor, chegando a ser insignificante a partir de meio comprimento de onda abaixo do nível do mar.

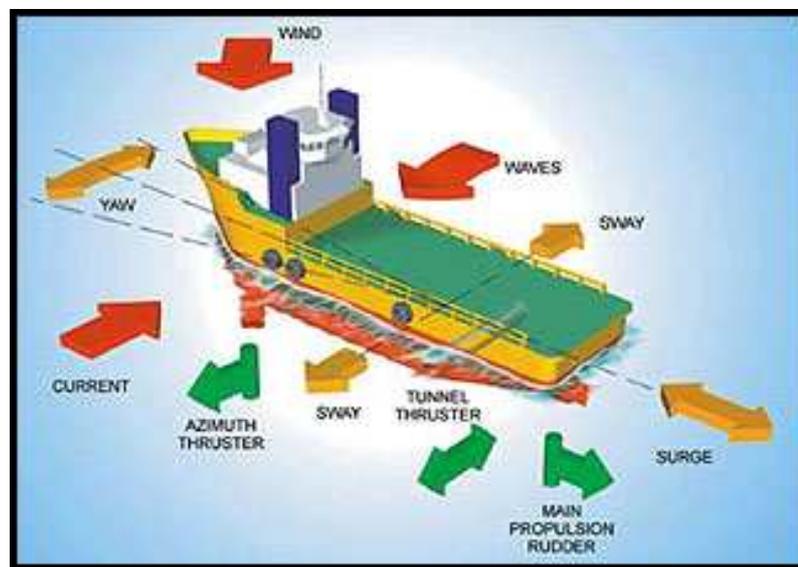


Figura 3– Forças externas e reações do navio

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.

CAPÍTULO IV

A COMPOSIÇÃO DO SISTEMA DP

4.1 Introdução

Em resumo, temos dita por embarcação DP aquela que trabalha com equipamentos de referência de posição enviando informações ao(s) computador(es) que, por sua vez, corrige(m) de acordo com a posição previamente designada quais esforços devem ser feito para mantê-la, utilizando para isso modelos matemáticos específicos. Dessa maneira, são enviadas ordens a todos os sistemas de propulsão e governo no intuito de afastar-se o mínimo possível do ponto desejado. Assim, citaremos mais detalhadamente a seguir, como componentes principais, os seguintes subsistemas: computadores, propulsores, fonte de energia, sistemas de referência de posicionamento e sensores. Considera-se também como componente direto o próprio operador DP; este será mais profundamente abordado mais adiante.

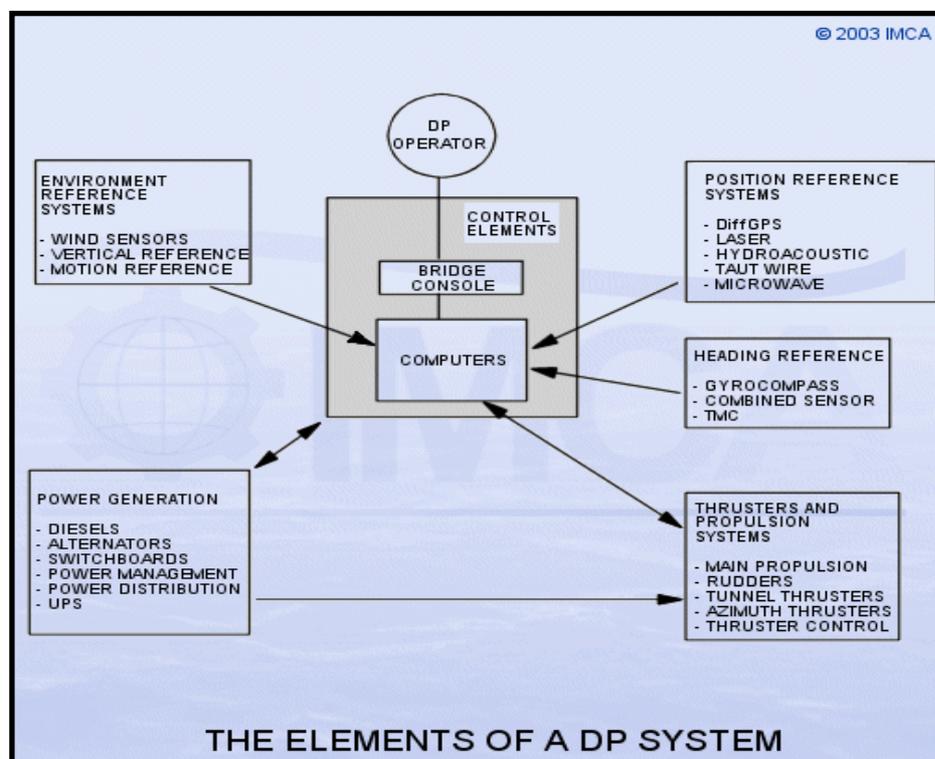


Figura 4– Esquema dos elementos do sistema DP

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.

Alguns destes sensores que serão melhor detalhados durante este capítulo 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; *MRU (Motion Reference Unit)* - é um tipo mais sofisticado de VRS, que informa também o movimento de arfagem do navio.

Devido ao fato de os modelos matemáticos serem uma simulação da realidade e, portanto, não sendo totalmente pertinentes a esta, foram buscados modos mais precisos de estimativa de posição. Os dois principais sistemas são descritos a seguir:

4.2.1 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.

4.2.2 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 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 da variáveis de estado (posição e velocidade) será para uma condição ótima, ou seja, a melhor estimativa será baseada em correção de cada medida individual.

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.

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.

4.3 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.

4.3.1 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 a característica ter o seu motor também submerso junto ao hélice, sendo bons contribuintes na manobrabilidade do navio.

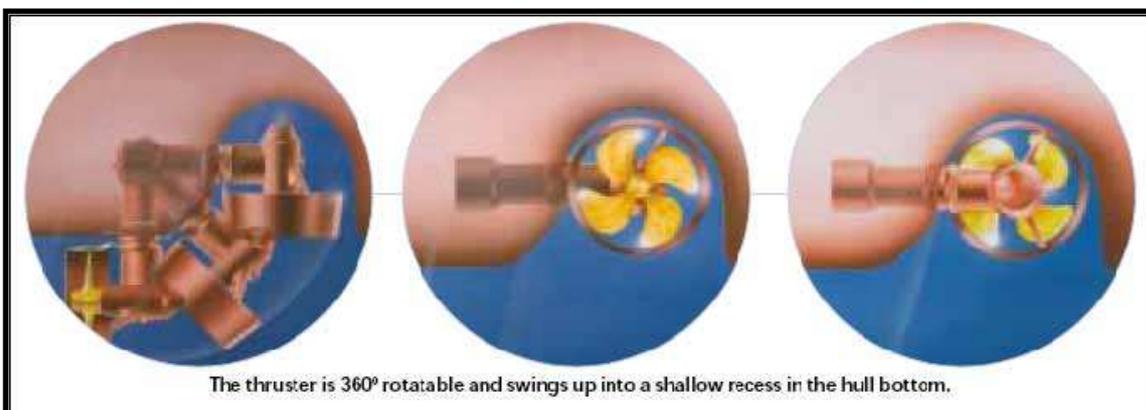


Figura 5 – Propulsor azimutal

4.3.2 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 6 – *Bow thruster*

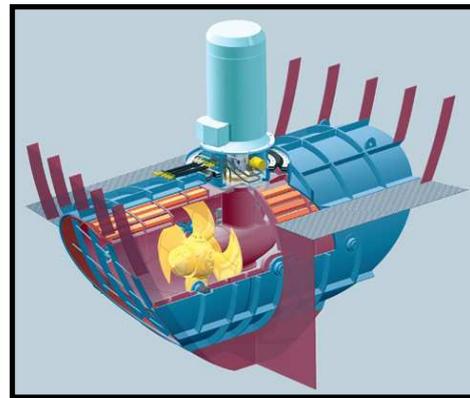


Figura 7 – Thruster de túnel

4.4 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.

4.4.1 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.

4.5 Sistemas de referência

Medidas constantes da posição do navio são essenciais para o posicionamento dinâmico. Aqui serão apresentados os sistemas de uso mais comum. Normalmente mais de um sistema de referência de posicionamento é usado simultaneamente. Isso aumenta a precisão e a confiabilidade da posição calculada. Um sistema com erro baixo será levado mais em consideração do que aquele visto como mais impreciso. Cada sistema de referência de posicionamento nos dá medidas de posição relativas específicas daquele sistema. O primeiro sistema selecionado se torna o sistema base. Informações de posição de quaisquer outros sistemas de referência são então calibrados de acordo com esse sistema base.

4.5.1 HPR (Hydro Acoustic Position Reference System)

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.

4.5.1.1 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.

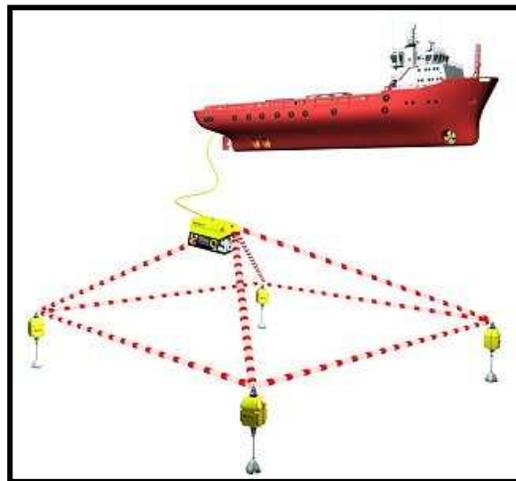


Figura 8 – Configuração LBL

4.5.1.2 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.

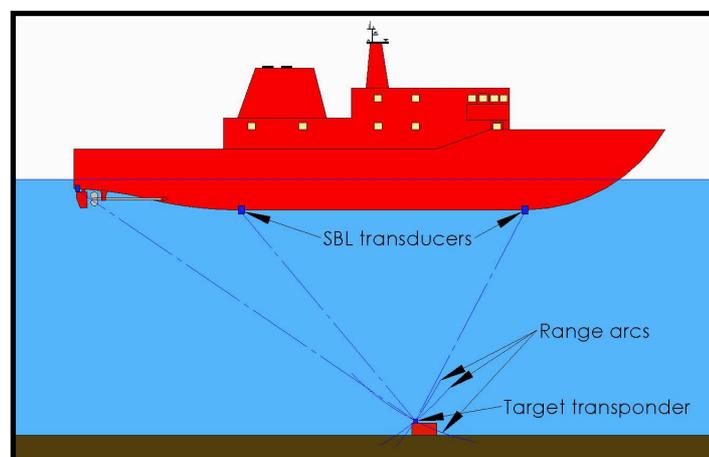


Figura 9 – Configuração SBL

4.5.1.3 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.

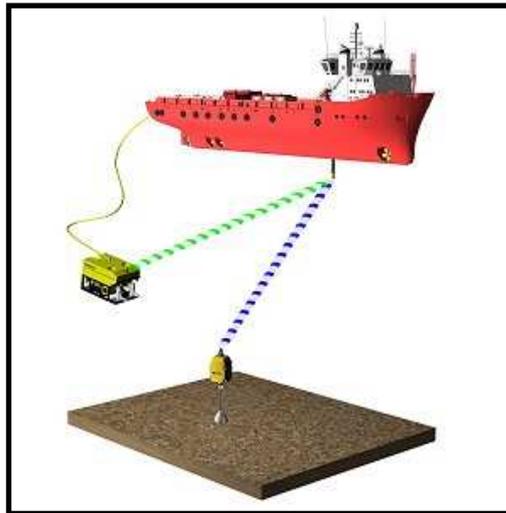


Figura 10 – Configuração USBL

4.5.1.4 MULBL

Nesse sistema o mesmo conjunto de transpondedores é disponibilizado para mais de um navio ou unidade remota. Há a vantagem da eliminação de interferência por transdutores próximos, pois todos estão trabalhando como “ouvintes” do mesmo sinal, e os custos com manutenção também são reduzidos com o compartilhamento dos transpondedores.

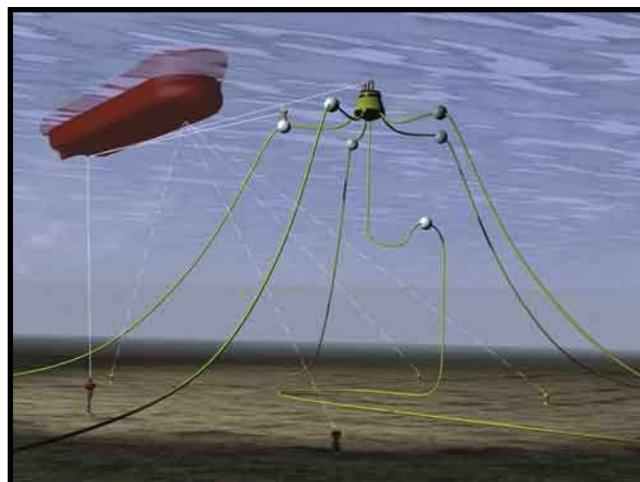


Figura 11 – Configuração MULBL

4.5.2 DGPS (Differential Global Posiotioning System)

Combinando a localização conhecida dos satélites, medidas do intervalo entre a transmissão e o recebimento do sinal satélite são utilizadas para a determinação da posição do navio. Existem neste momento um total de vinte e sete satélites na órbita terrestre, sendo que destes são necessários apenas quatro para calcular sua posição corretamente. Devido ao sistema pertencer aos norte-americanos, a informação obtida do GPS diretamente possui um erro considerável, de cerca de 20 metros. Entra em cena então o DGPS, que introduz então a correção desse erro comparando a informação dos satélites com estações de terra em posições fixas e conhecidas. GLONASS é o sistema utilizado pelos Russos em contrapartida ao GPS, que é um sistema americano. Embora no início este sistema utilizasse vinte e quatro satélites, hoje em dia apenas doze deles estão em funcionamento. Existem receptores que utilizam tanto o sistema DGPS quanto o sistema GLONASS, integrando os dois e disponibilizando dessa maneira um maior número de satélites para uso.

4.5.3 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 12 – Fanbeam



Figura 13 – CyScan

4.5.4 Tautwire

O *Taut Wire* é um sistema mecânico local de referência de posição, que consiste num guincho para manter a tensão constante a bordo e um peso lançado no fundo do mar preso ao cabo. Pela medida do comprimento do cabo e o ângulo que ele faz, a posição do navio em relação ao peso é calculada. É o sistema mais antigo de referência para DP e até hoje ainda é o mais preciso para águas rasas, além de independer de alvos ou estações em terra. Em contrapartida, ela limita o movimento da embarcação em função do comprimento do cabo, além de criar uma catenária* conforme o comprimento de cabo na água aumenta.



Figura 14 – Guincho de lançamento da poita

4.5.5 Artemis

É um sistema de referência de posição local que usa micro-ondas de rádio na frequência de 9 GHz. O sistema é composto de duas estações, uma a bordo do navio e a outra num ponto fixo (em terra ou a bordo de outra unidade flutuante). O Artemis mede marcação e distância entre as duas estações com alta precisão, e para o correto funcionamento a antena e a estação fixa devem estar sintonizada na mesma frequência. É um sistema muito utilizado nas operações de alívio de óleo para navios.

4.6 Sensores

Responsáveis por munir por sistemas de referência de posição de informações necessárias para compensação de dados e correta definição de posicionamento. O número de sensores de cada tipo é determinado pela classe DP da unidade flutuante. Os sensores

utilizados no sistema DP são: agulhas giroscópicas, VRS, anemômetros e outros sensores que também medem as forças atuantes no navio.

4.6.1 Anemômetro

São sensores capazes de medir a velocidade e a direção do vento. Uma vez que o vento pode mudar de direção rapidamente, é importante que esses dados sejam precisamente medidos e fornecidos ao sistema DP. O sistema DP, por sua vez, irá compensar as mudanças aferidas antes que o navio comece a perder sua posição. Os anemômetros são instalados em diferentes locais a bordo, sendo observadas quaisquer estruturas que possam causar sombra no aparelho e prejudicar seu funcionamento. Em certos casos particulares é interessante desabilitar os dados passados pelos anemômetros, como, por exemplo, em situação com operações de helicópteros na área ou enquanto operando próximo a uma estrutura de grande porte, que podem influenciar na medida correta do vento no local. No caso desse sistema ser desabilitado, o sistema DP continuará usando como referência os dados de velocidade e direção obtidos na última leitura e que ficaram registrados.



Figura 15 – Anemômetro

4.6.2 Agulha giroscópica

As agulhas giroscópicas medem o aproamento do navio, que é utilizado para correções no cabeceio. Essa medida também é necessária para a obtenção da posição do navio, uma vez que as agulhas giroscópicas são posicionadas no centro do navio. Devido a isso, as agulhas giroscópicas são os sensores mais importantes para o posicionamento. A maioria dos navios DP possui duas ou três agulhas giroscópicas, mais uma vez esse número dependendo da classe DP.



Figura 16 – Agulhas giroscópicas

4.6.3 VRS (*Vertical Reference Sensor*)

Os sensores de movimentos verticais medem a movimentação do navio em relação ao caturro e ao balanço. Essas medidas são usadas para compensar a movimentação dos equipamentos de referência enquanto o navio estiver jogando ou caturrando.



Figura 17 – Sensores de referência vertical

4.6.4 Compensação de ondas e correntes

É muito difícil medir com precisão os valores de corrente e ondas numa área. Ao invés de proceder dessa maneira, o sistema DP deduz essas forças comparando a posição real do navio e comparando com aquela sugerida pelo modelo matemático do computador, adicionando forças ao navio virtual até que este esteja em posição coincidente com a real obtida. Essa força calculada é mostrada ao operador como efeito de corrente.

CAPÍTULO V

CLASSES DO SISTEMA DP

Um sistema DP consiste em componentes e subsistemas que atuam juntos para alcançar o seu objetivo de maneira suficientemente confiável. A confiabilidade necessária é determinada de acordo com a consequência da perda da capacidade de manter a posição ou trajetória. Quanto mais grave for a consequência em case de acidente, mais confiável e redundante o sistema deve ser. Redundância de componentes e sistemas significa ter imediatamente disponível a capacidade de continuar a operação em DP, após a ocorrência de falhas. A transferência para o equipamento ou sistema redundante deve ser, na medida do possível, automática e a intervenção do operador deve ser a mínima possível. Quanto mais redundante, mais seguro, sendo este o fator diferenciador entre as classes DP. Segundo a IMO, as classes DP e seus requisitos mínimos são as seguintes:

Classes de DP (DNV 2008 / IMO 1994)	
Table A1 Class notations	
<i>Notation</i>	<i>Scope</i>
DYNPOS-AUTS	dynamic positioning system without redundancy
DYNPOS-AUT	dynamic positioning system with an independent joystick system back-up and a position reference back-up
DYNPOS-AUTR	dynamic positioning system with redundancy in technical design and with an independent joystick system back-up
DYNPOS-AUTRO	dynamic positioning system with redundancy in technical design and with an independent joystick system back-up. Plus a back-up dynamic positioning control system in an emergency dynamic positioning control centre, designed with physical separation for components that provide redundancy
<p>Guidance note: IMO MSC/Circ.645 "Guidelines for vessels with dynamic positioning systems", dated 6 June 1994, has defined equipment classes with the following correlation to these rules:</p>	
<i>DNV class notation</i>	<i>IMO equipment class</i>
DYNPOS-AUTS	Not applicable
DYNPOS-AUT	IMO equipment class 1
DYNPOS-AUTR	IMO equipment class 2
DYNPOS-AUTRO	IMO equipment class 3

Figura 18– Exigências mínimas das classes DP

- **DP Classe 0** : Não há redundância, nessa classe existe apenas o controle automático do aproamento e manual da posição;
- **DP Classe 1:** Esta classe introduz uma redundância parcial, mas pode existir a perda de posição por falha de um dos componentes ativos.



Figura 19 Configuração DP I

- **DP Classe 2:** Traz redundância completa, com prevenção de perda de posição por falha singela de equipamento. Contudo, o sistema pode deixar de ser efetivo numa falha de componente estático, ou seja, um cabo ou válvula manual;

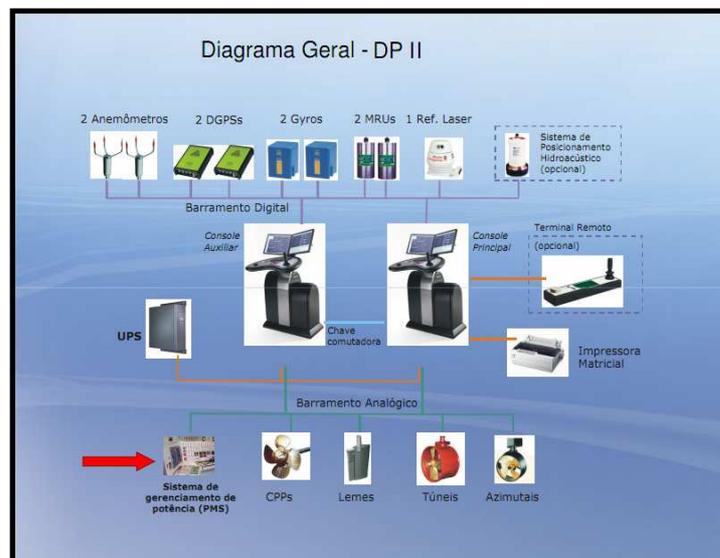


Figura 20– Configuração DP II

- **DP Classe 3:** A mais segura das classes DP, esta por sua vez traz redundância pra todo e qualquer equipamento componente do sistema

DP. Além disso, ainda há como medida de segurança o uso de computadores independentes com sistema back-up instalados em outro compartimento, separado por uma anteparo entanque, a partir do qual pode se restabelecer o controle da embarcação no caso de incêndio ou alagamento do compartimento principal.

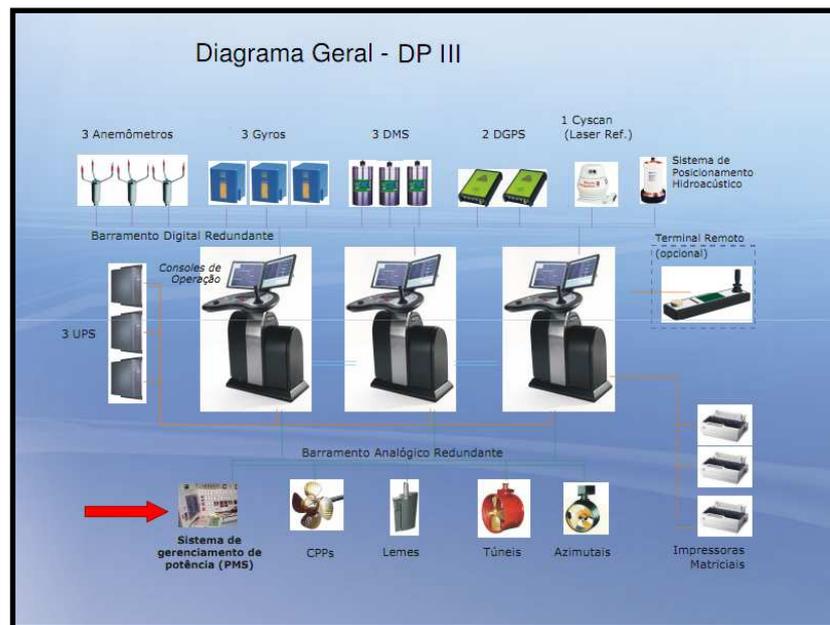


Figura 21– Configuração DP III

CAPÍTULO VI

MODOS OPERACIONAIS DO SISTEMA DP

Para a operação do sistema DP, de acordo com a finalidade, deve ser selecionado um dos modos operacionais disponíveis. A verificação dos equipamentos acontece na escolha do modo no sistema, pois nem todos os periféricos serão utilizados em todo modo, e não há utilização de modos em paralelo, ou seja, cada um trabalha de uma vez e ao ser finalizado, outro modo pode ser ativado. Os mais comuns serão detalhados a seguir:

6.1 Joystick Manual Heading (JSMH)

Neste modo um todos os propulsores são controlados pelo joystick, sendo o modo menos preciso do sistema DP, que pode ser utilizado em caso de falha da agulha giroscópica ou do computadores. O navio é controlado nos movimentos a vante e a ré, no caimento lateral e também quanto ao aproamento, ou seja, totalmente manual.

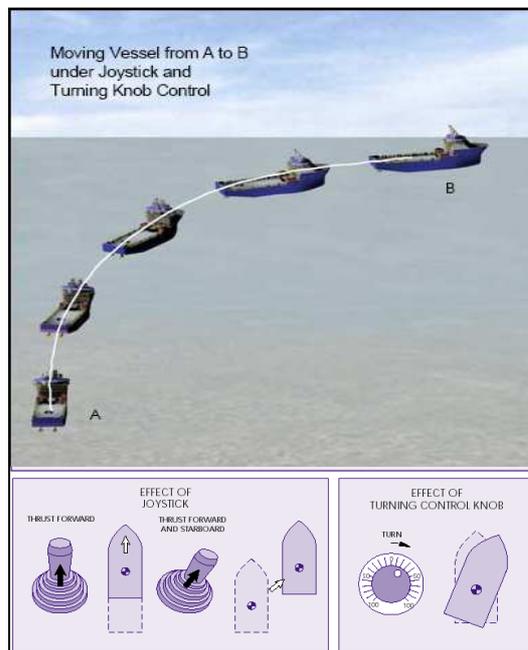


Figura 23 – Modo JSMH

6.2 Joystick Automatic Heading (JSAH)

Mantendo o aproamento fixo em um valor fornecido pelo operador, esse modo permite o controle do empuxo pelo joystick. Tem grande importância nas manobras de aproximação de plataformas, depois da entrada na zona de exclusão³ e escolha do bordo de operação.

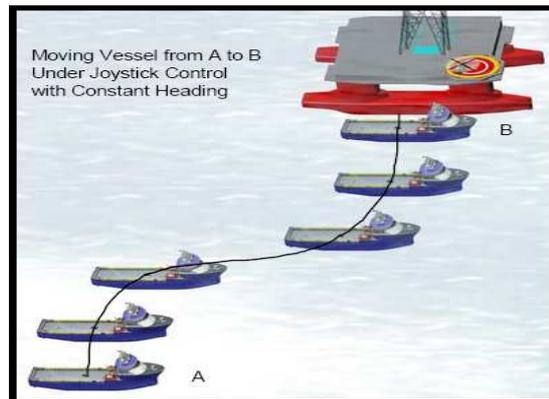


Figura 23– Modo JSAH

6.3 Minimum power

Neste modo, é fixada uma posição e o aproamento é variável, sendo estabelecido pelo sistema DP na forma que economize o máximo de força dos thrusters. Assim, a demanda de energia é a menor possível.

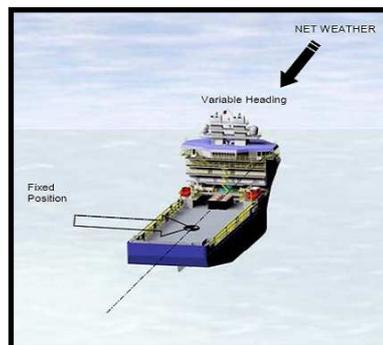


Figura 24– Modo minimum power

³ Segundo a NORMAM-08/DPC, são proibidas a pesca e a navegação, com exceção para as embarcações de apoio às plataformas, em um círculo com 500m (quinhentos metros) de raio, em torno das plataformas de exploração de petróleo”. Essa zona é denominada zona de exclusão.

6.4 Riser Follow

A intenção deste modo é manter o ângulo de inclinação do *riser* igual a zero ou o mais próximo disso possível. Como esta é uma situação ideal, é admitido um pequeno erro de maneira que quando este limite é ultrapassado, o sistema DP começa a agir.

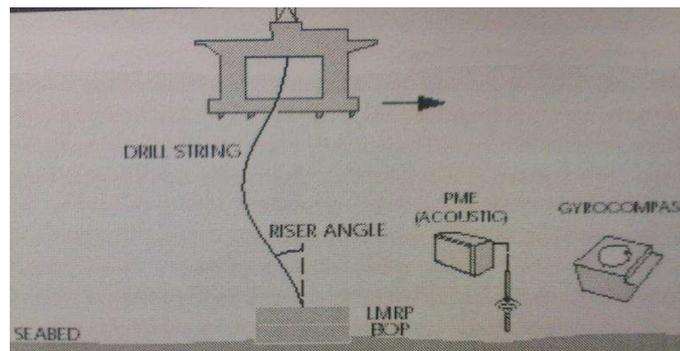


Figura 25 – Modo Riser Follow

6.5 Auto Track

Também chamado de track follow, são definidos waypoints seqüenciados pelos quais o navio deverá seguir com o controle de aproamento automático. Geralmente a velocidade de transição é baixa para alcançar boa precisão, e aplica-se este modo quando é desejado percorrer um duto ou manter-se centralizado no canal.

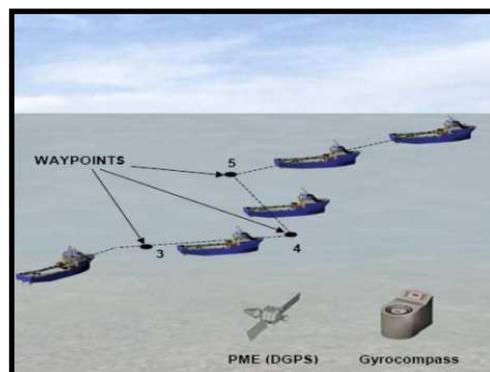


Figura 26– Modo Auto Track

6.6 Auto Pilot

Para a navegação mais rápida, o modo auto pilot permite que o operador controle a velocidade a vante e entre com o aproamento que fica sob o controle do sistema DP. Assim, o operador não precisa se preocupar com o caimento no trânsito entre dois pontos.

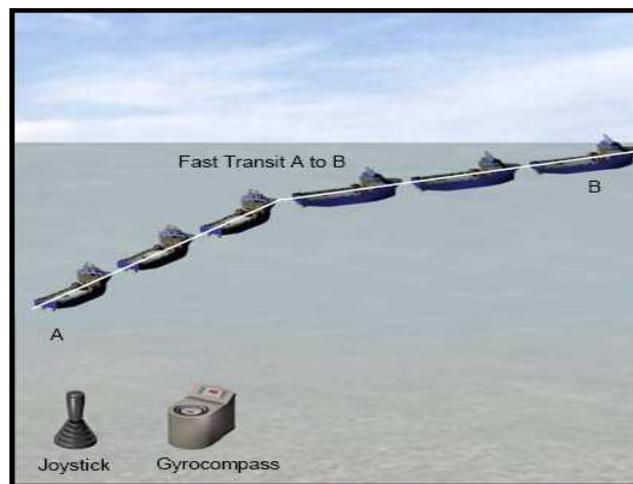


Figura 27– Modo Auto Pilot

6.7 Auto Sail

Operando de forma similar ao modo auto pilot, desta vez o sistema DP irá manter a velocidade constante tanto a vante quanto lateralmente. O operador apenas indica através do joystick a direção a ser seguida com tal velocidade.



Figura 28– Modo Auto Sail

6.8 ROV⁴ (Remotely Operated Vehicle) Follow

O princípio básico deste modo é manter a distância de um objeto observando a sua movimentação e descrevendo um movimento relativo. Geralmente, os ROV's são utilizados como referência, e podem ser acompanhados de duas maneiras específicas. A primeira delas é através de distância fixa, onde o navio e o ROV se movem mantendo uma distância fixa horizontal entre eles, e a segunda maneira é por posição fixa de referência, onde existe uma área para movimentação do veículo, caso este saia desta área, o navio automaticamente acompanha seu deslocamento.

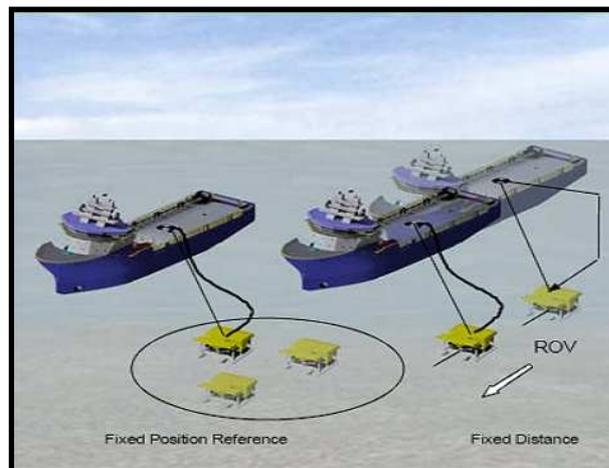


Figura 30– Modo ROV follow

6.9 Shuttle tanker modes

Para a devida segurança das operações de alívio, foram desenvolvidos modos de posicionamento dinâmico especiais e particulares para este tipo de operação. No Approach mode, o navio entra com segurança no perímetro do ponto de descarga, configurando o alinhamento para o posterior recolhimento da mangueira. O *Pickup mode* facilita a aproximação da monobóia ou da FPSO e permite que a mangueira de alívio seja passada com mais segurança. O *Loading mode* assegura que o navio se movimenta num arco de forma que a proa esteja sempre apontada para a origem da mangueira, além de monitorar a distância correta prevenindo esticamento da mangueira de alívio.

⁴ ROV é um veículo subaquático, controlado remotamente, que permite a observação remota do fundo do mar e estruturas submarinas.

No *Fixed Loading mode* o navio tem sua deriva controlada, geralmente quando há a presença de outras estruturas nas proximidades. Ao término da operação, o *Approach mode* também pode ser utilizado para garantir um afastamento seguro. É válido lembrar que estes modos DP são extremamente importantes na prevenção de um acidente ambiental, visto de grandes quantidades de óleo podem ser lançadas ao mar numa falha ocorrida numa operação de alívio.

7.10 Heading Control for Anchor Moored Vessels

O objetivo do sistema DP é dispensar o uso de qualquer ligação física com o fundo do mar para manter sua posição. Contudo, existe uma aplicação dessa tecnologia para as estruturas ancoradas que visa diminuir os esforços sobre a amarração. Desta maneira, é possível aumentar a vida útil das amarras por meio da menor aplicação de tensão nas mesmas por compensação com os thrusters.

Existem três configurações neste modo: o *Auto Assist* compensa automaticamente os esforços sobre a amarração; o *Damped Assist* permite a movimentação do navio no sentido longitudinal e; o *Manual Assist* deixa nas mãos do controlador o controle do navio, nas manobras que não exigem boa precisão.

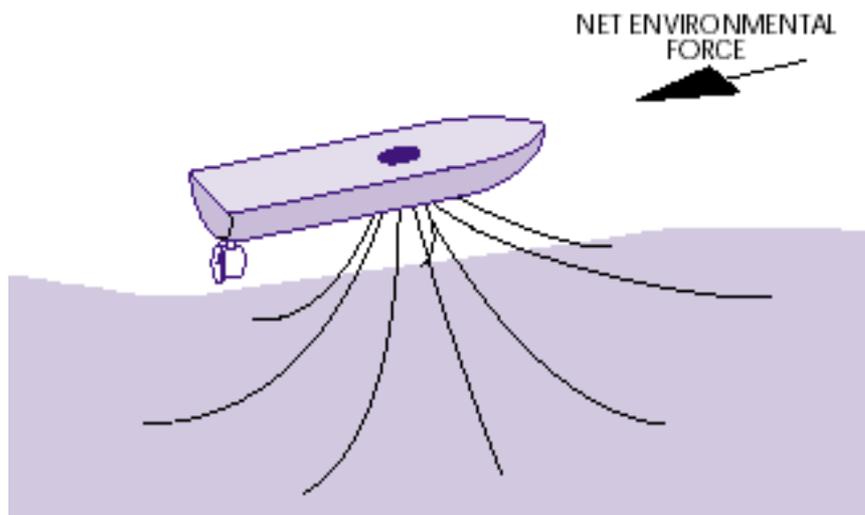


Figura 30– Embarcação fixa por meio de âncoras

CAPÍTULO VII

O OPERADOR DP

Mesmo sendo um sistema computadorizado, o DP necessita de um operador habilitado para comandá-lo. O operador deve informar o sistema em que modo este deve trabalhar, quais sensores e sistemas de referência devem ser utilizados, qual a posição que o navio deve manter, o aproamento do navio e a velocidade na qual o navio deve se mover.

O treinamento do operador DP se divide fundamentalmente em quatro partes:

- assistir e ser aprovado num curso de quatro dias de iniciação ao sistema DP;
- cumprir um embarque de familiarização em um navio DP durante, no mínimo, trinta dias;
- assistir e completar o curso de operador DP (*Full DP*); e
- completar seis meses de embarque em navios DP cumprindo operações supervisionadas por um DPO Senior.

Ainda que o constante avanço de todos os segmentos tecnológicos que aprimore a navegação e, conseqüentemente, facilite o oficial de náutica em seus serviços, é importante frisar que máquina alguma é capaz de raciocinar sobre um problema oportuno e gerar a solução para evitar uma catástrofe, devendo assim ser observado o valor àquele que adquire o conhecimento e experiência com o tempo de serviço.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Escolhi esse tema com o intuito de expandir meus conhecimentos dentro de minha futura profissão, visto que deve-se sempre estar apto às novas tecnologias implantadas. Além disso, este estudo nos permite concluir que o desenvolvimento da tecnologia de posicionamento dinâmico trouxe benefícios e soluções ao universo marítimo, colaborando com um aumento na segurança tanto do ser humano quanto do meio ambiente em operações de risco elevado.

É válido ressaltar que jamais deve ser dispensada a habilidade sem par do mercante de dominar a arte de conduzir a embarcação com segurança no caso de uma emergência quando, da mesma maneira que nossos antepassados, devem ser usados apenas um sextante e uma agulha magnética para determinar o rumo para a segurança dos portos.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

WIKIPEDIA. *Dynamic positioning (online)*. Junv. 2011. Disponível em:
http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_positioning. Acesso em 28 de Julho. 2012.

LOBO, Paulo Roberto Valgas e SOARES, Carlos Alberto – Meteorologia e Oceanografia – Usuário Navegante – Rio de Janeiro – DHN

TAFFAREL, Gabriel e AMADO, Jorge. NAVIO ALIVIADOR 130.000 TPB: SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO (DP) Agosto. 2011. Disponível em:
http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/atuais/GabrielT_JAmado/relat1/index.htm. Acesso em 01 de agosto. 2012.

KONGSBERG SIMRAD A.S. Dynamic positioning (DP) basic operator course training manual. Kongsberg: 2000. p.irreg.

WIERMANN, André Quetzal. O Sistema de Posicionamento Dinâmico(DP) Brasileiro. Ago 2011. Disponível em:
http://www.onip.org.br/arquivos/ws_platec/2_QUETZAL.pdf?PHPSESSID=8d924aed367f77f8b2c00672c811a351. Acesso em 04 de Agosto de 2012

PORTAL MARÍTIMO.FELIPE MARQUES-Posicionamento dinâmico(online).Mar 2011.
<http://portalmaritimo.com/2011/03/16/posicionamento-dinamico/>. Acesso em 05 de Agosto.2012.