

**MARINHA DO BRASIL  
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DE NÁUTICA**

**JULIO CESAR SANT ANNA RAPOSO**

**SENSORES DE VENTO APLICADOS A SISTEMAS DE POSICIONAMENTO DINÂMICO:  
UM MELHOR ENTENDIMENTO SOBRE OS SEUS EFEITOS, VULNERABILIDADES E  
RISCOS AS OPERAÇÕES *OFFSHORE***

Rio de Janeiro

2017

**JULIO CESAR SANT ANNA RAPOSO**

**SENSORES DE VENTO APLICADOS A SISTEMAS DE POSICIONAMENTO DINÂMICO:  
UM MELHOR ENTENDIMENTO SOBRE OS SEUS EFEITOS, VULNERABILIDADES E  
RISCOS AS OPERAÇÕES *OFFSHORE***

Monografia apresentada como exigência para obtenção do título de Capitão de Cabotagem do Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais de Náutica, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: Prof. Hermann Regazzi Gerk.

Rio de Janeiro

2017

**JULIO CESAR SANT ANNA RAPOSO**

**SENSORES DE VENTO APLICADOS A SISTEMAS DE POSICIONAMENTO DINÂMICO:  
UM MELHOR ENTENDIMENTO SOBRE OS SEUS EFEITOS, VULNERABILIDADES E  
RISCOS AS OPERAÇÕES *OFFSHORE***

Monografia apresentada como exigência para obtenção do título de Capitão de Cabotagem do Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais de Náutica, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

**AVALIAÇÃO**

Professor Orientador: Hermann Regazzi Gerk.

Banca Examinadora:

.....  
Professor Hermann Regazzi Gerk.

.....  
Professora MSc. Laís Raysa Lopes Ferreira.

.....  
Professor CLC Orlando Carlos Souza da Rocha.

Rio de Janeiro, ..... de ..... de 2017.

Nota: .....



## **DEDICATÓRIA**

Eu dedico essa Monografia a minha família. Sempre servindo como base e responsáveis pelos meus bens mais precisos, ou seja, a minha educação e índole.

Sem ela, esse trabalho, assim como as minhas conquistas, jamais existiriam mesmo que em sonho.

Sou grato a vocês! A verdadeira razão de eu ter chegado até aqui, assim como o motivo que me leva seguir adiante.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço a Marinha Mercante Brasileira; mãe de todas as minhas conquistas e realizações profissionais.

Onde eu já chorei e já sorri; já venci, assim como já fui derrotado; aprendi o que é certo, mesmo já tendo errado por diversas vezes; sendo assim, não posso afirmar que eu nada seria sem ela, a Marinha, porém posso garantir que eu certamente seria menos do que sou hoje por tudo que aprendi, senti e vivi a bordo.

Obrigado e jamais deixarei de reconhecer o seu valor!

“ Se você foi bem-sucedido, pergunte a si mesmo porque, e tente repetir a ação. Se você fracassou, pergunte a si mesmo porque, e aprenda com a experiência. ”

Dale Carnegie

## RESUMO

A presente obra aborda de forma aplicada, explicativa e descritiva a relação existente entre os sensores de vento e os sistemas de posicionamento dinâmico. Visando como principal objetivo dirimir dúvidas quanto aos efeitos dos sensores de vento sobre as embarcações dinamicamente posicionadas, assim como descrever e analisar os principais cenários de risco aplicados ao ambiente *Offshore*. Ao todo seis cenários cotidianos e atuais foram abordados e descritos. Cenários estes onde embarcações dinamicamente posicionadas possam reagir de forma inesperada e / ou indesejada, surpreendendo assim o operador e sujeitando a operação a um quadro de risco operacional. Tais reações foram descritas e analisadas tendo como base a filosofia dos sistemas DP, enfatizando a relação entre sensores de vento e sistemas de posicionamento dinâmico. Em complemento a tais análises, recomendações específicas referentes a cada cenário serão sugeridas visando aprimorar o entendimento dos operadores quanto a real influência do *input* de vento sobre as plantas DP. Tal conhecimento propiciará operações mais seguras e eficazes, não apenas visando contingência, mas também oferecendo um conteúdo explicativo que possibilite aos operadores se anteverem a cenários que possam levar as embarcações a possíveis quadros de risco. Como objetivos intermediários abordaremos definições, classificações, filosofias de funcionamento, empregabilidade, erros, falhas, vantagens e desvantagens sempre tendo como foco os sensores de vento e sua direta influência sobre os sistemas de posicionamento dinâmico. Inclusive fornecendo material, fruto de um primeiro estudo, que possa servir como base para futuras pesquisas tecnicamente mais profundas, além de guia prático aplicado e ainda, fonte de consulta a todos os operadores de posicionamento dinâmico e afins.

Palavras-chave: Anemômetro. Sensor de vento. Posicionamento dinâmico. DP. *Offshore*.

## **ABSTRACT**

The present work addresses in an applied, explanatory and descriptive way the relationship between wind sensors and dynamic positioning systems. The main objective of this work is to resolve doubts about the effects of wind sensors on dynamically positioned vessels, as well as to describe and analyze the main risk scenarios applied to the Offshore environment. In total six daily and current scenarios were discussed and described. These scenarios where dynamically positioned vessels may react unexpectedly and / or undesirably, thus surprising the operator and subjecting the operation to an operational risk framework. These reactions were described and analyzed based on the philosophy of DP systems, emphasizing the relationship between wind sensors and dynamic positioning systems. In addition to such analyzes, specific recommendations regarding each scenario will be suggested in order to improve the operators' understanding of the real impact of the wind input on the DP plants. Such knowledge will provide safer and more efficient operations, not only with a view to contingency, but also offering an explanatory content that allows operators to anticipate scenarios that may lead to potential risk. As intermediate objectives we will mention definitions, classifications, operating philosophies, employability, errors, failures, advantages and disadvantages always focusing on wind sensors and their direct influence on dynamic positioning systems. Including providing material, the result of a first study, which can assist as a basis for future research even more technical and deep, as well as applied practical guide and reference source to all dynamic positioning operators and stakeholders.

**Keywords:** Anemometer, wind sensor, dynamic positioning, DP, Offshore.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Visão de um sistema DP por meio de diagrama de blocos simplificado.....	15-20
Figura 2 – Classes DP IMO e sua equivalência quanto a nomenclatura utilizada pelas Sociedades Classificadoras.....	17
Figura 3 – Propriedade <i>Wind Feed-Forward</i> por meio de diagrama de blocos simplificado..	19
Figura 4 – Exemplo de anemômetro mecânico.....	25
Figura 5 – Exemplo de anemômetro ultrassônico.....	26
Figura 6 – Exemplo de posicionamento dos sensores de vento em unidades semissubmersíveis.....	32
Figura 7 – Cenário de aproximação entre embarcação PSV e navio sonda.....	36
Figura 8 – Cenário de aproximação entre embarcação PSV e plataforma semissubmersível.	39
Figura 9 – Efeitos da exaustão e descargas das plataformas sobre as embarcações PSV.....	42
Figura 10 – <i>Diverter</i> em situação de controle de poço.....	43

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1	<b>POSICIONAMENTO DINÂMICO E SUA DEFINIÇÃO.....</b>	<b>13</b>
2	<b>FILOSOFIA APLICADA AOS SISTEMAS DE POSICIONAMENTO DINÂMICO.....</b>	<b>14</b>
3	<b>DIFERENTES CLASSES DE SISTEMAS DE POSICIONAMENTO DINÂMICO.....</b>	<b>16</b>
4	<b>IMPORTÂNCIA E APLICABILIDADE DOS SENSORES NAS PLANTAS DE POSSICIONAMENTO DINÂMICO.....</b>	<b>18</b>
5	<b>PLANTA DP ENTENDIDA POR MEIO DE DIAGRAMA DE BLOCOS.....</b>	<b>20</b>
6	<b>CLASSIFICAÇÃO E VULNERABILIDADE DOS DIFERENTES TIPOS DE SENSORES DE VENTO.....</b>	<b>23</b>
7	<b>FALHAS E ERROS MAIS FREQUENTES NOS SENSORES DE VENTO.....</b>	<b>28</b>
8	<b>CENÁRIOS DE RISCO RELACIONADOS AOS SENSORES DE VENTO.....</b>	<b>30</b>
8.1	<b>TROCA DE APROAMENTO OU ALTERAÇÃO NA DIREÇÃO DO VENTO.....</b>	<b>30</b>
8.2	<b>SOBREVOO, ATERRISAGEM E DECOLAGEM DE AERONAVES.....</b>	<b>33</b>
8.3	<b>OPERAÇÕES ENTRE EMBARCAÇÕES DE APOIO E PLATAFORMAS DE PETRÓLEO.....</b>	<b>35</b>
8.3.1	<b>Aproximação ente embarcações de apoio e navios sonda.....</b>	<b>35</b>
8.3.2	<b>Operação entre embarcações de apoio e navios sonda.....</b>	<b>37</b>
8.3.3	<b>Operação entre embarcações de apoio e plataformas semissubmersíveis.....</b>	<b>38</b>
8.3.4	<b>Descargas inadvertidas.....</b>	<b>40</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>45</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>47</b>

## INTRODUÇÃO

Conforme mencionado por M. S. VASSILIOU na publicação *The A to Z of the Petroleum Industry*, existem relatos datados de 347 D.C onde Chineses já exploravam petróleo em poços escavados com brocas artesanais acopladas a varas de bambu. Porém, apenas no Século 19, mais exatamente em 1896, o primeiro poço de petróleo *Offshore* foi perfurado no Campo Petrolífero *Summerland*, localizado na Costa da Califórnia. A partir daí, com o aumento da demanda por petróleo e sua valorização comercial, teve início a exploração *Offshore*, demandando soluções inovadoras e impulsionando a indústria naval a desenvolver novos métodos e tecnologias a fim de atender esse crescente e promissor mercado.

Em 1957 o Projeto Mohole nasceu e, com ele, a necessidade de criar o primeiro sistema de posicionamento dinâmico (DP) a fim de alcançar os seus objetivos. Tal projeto visava realizar investigações geológicas e testemunho da crosta terrestre no leito marinho. No entanto, as limitações tecnológicas existentes na época, tornaram o projeto um verdadeiro desafio. A fim de prosseguir com suas metas o Navio de Perfuração CUSS 1 (*Continental, Union, Shell & Superior oil consortium*) foi equipado com quatro propulsores manobráveis que, orientados por um emissor acústico e boias de demarcação, possibilitou que, em 1961, o mesmo mantivesse a sua posição durante as operações de perfuração. Tal sistema, embora exigisse controle manual, se mostrou capaz de manter o posicionamento da embarcação, operando dentro de um raio de aproximadamente 180 metros, conforme relatado no artigo *History of DP (Marine Technology Society Dynamic Positioning Committee)*.

Tendo em vista o aceitável desempenho da Embarcação CUSS 1, no mesmo ano, a *Shell Oil Company* desenvolveu um sistema de controle automatizado, implementado na Embarcação Eureka, o que, para muitos, trata-se efetivamente da primeira embarcação DP assim como mencionado por BRAY, David em sua publicação *DP Operator's Handbook*.

Em meio às inúmeras vantagens operacionais e comerciais demonstradas pelas embarcações dinamicamente posicionadas, diversas novas tecnologias foram desenvolvidas desde então. Vantagens relacionados à segurança, eficiência e custos operacionais fizeram com que tal mercado, em meio a sua grande aceitação, sofresse uma vasta expansão e desenvolvimento tecnológico. De acordo com o relatório publicado em Outubro de 2016 pela *Markets and Markets Research Private Ltd.* o mercado de Posicionamento Dinâmico movimentou aproximadamente USD 1.62 bilhões de dólares em 2016, com projeção de crescimento podendo alcançar USD 1.82 bilhões de dólares até 2021.

O histórico acima visa principalmente ressaltar o quão recente é tal tecnologia. Enquanto a navegação possui milhares de anos de história, o posicionamento dinâmico possui menos de 60 anos, ou seja, ainda é um assunto desconhecido por muitos, assim como pouco abordado em publicações e projetos científicos, principalmente quando comparado a outras tecnologias navais mais difundidas e tradicionais.

Ciente de tal carência científica e grande demanda de informação em meio a um crescente mercado; Mercado esse onde os operadores de posicionamento dinâmico estão sendo cada vez mais exigidos; Levando a uma demanda por funcionários cada vez mais especializados; Tendo em vista a recente origem da tecnologia DP quando comparado às demais tecnologias navais; Grande importância comercial movimentando bilhões de dólares anualmente; Em meio a um contínuo desenvolvimento tecnológico impulsionado por um mercado voraz; O trabalho abordará de forma geral os principais erros e falhas operacionais relacionadas aos sensores de vento. Apresentando cenários e demonstrando o seu potencial catastrófico quando negligenciado pelos operadores de posicionamento dinâmico, através de um estudo profundo de situações operacionais cotidianas, dando ênfase a apenas um dos muitos sistemas que compõem a planta DP com um todo.

O presente estudo propõe servir como base para pesquisas futuras e disponibilizar um artigo didático e informativo para todos os operadores de posicionamento dinâmico e interessados. Uma vez que falhas nos sistemas de referência tem sido amplamente relatadas, estudadas e divulgadas pela indústria, o mesmo não tem ocorrido quanto aos sensores em geral. Sensores estes que por muitas vezes são tratados como sistemas secundários e de menor importância, embora gerem riscos similares e se façam fundamentais para o correto funcionamento da planta de posicionamento dinâmico, logo possuindo estreita relação com a segurança operacional das embarcações DP.

Ciente do vasto universo formado por diferentes fabricantes, modelos e consoles DP, assim como variações que levam em consideração não apenas fabricação e filosofia de

funcionamento, mas também limites operacionais, exigências de clientes, áreas de atuação e classes de operação. O trabalho a seguir apresentará uma abordagem geral, não se limitando a qualquer fabricante ou modelo específico e sim à filosofia de funcionamento dos sistemas de posicionamento dinâmico. Para fins didáticos foi utilizada como principal referência a tecnologia empregada nos sistemas Kongsberg por sua vasta aplicabilidade no mercado mundial, superior a 18.000 embarcações e mais de 70 anos de experiência no mercado tecnológico naval.

A presente obra se deu embasada não somente em bibliografia, mas também em observações participantes devido à grande limitação de conteúdo referenciando o tema em questão. O estudo enfatiza às operações *Offshore* e cenários atuais envolvendo interações entre plataformas e embarcações de apoio, operações estas amplamente presentes nas Bacias de Campos e Santos.

## 1 POSICIONAMENTO DINÂMICO E SUA DEFINIÇÃO

De acordo com a IMO (*International Maritime Organization*), conforme descrito na Circular MSC/Circ.645 - *Guidelines for vessels with dynamic positioning systems* de 1994, embarcações dinamicamente posicionadas (embarcações DP) são aquelas que automaticamente mantêm a sua posição (posição fixa ou trajetória pré-determinada) utilizando para isso exclusivamente a força dos seus propulsores. Embora existam diferentes autores propondo definições mais recentes, basicamente pode-se concluir se tratar de uma embarcação automatizada que visa manter a sua posição e aproamento por meio de propulsão ativa. Embora, por muitas vezes, os sistemas “DP” sejam mencionados como sendo um equipamento singular, na verdade consistem em uma vasta gama de subsistemas integrados e operando em conjunto, com objetivo comum de manterem a posição e aproamento da embarcação.

Os sistemas de posicionamento dinâmico, ainda fazendo alusão a Circular IMO MSC/Circ.645, são definidos como a instalação necessária para posicionar dinamicamente uma embarcação. Tendo em vista sua vasta abrangência e diversidade, os Sistemas DP são comumente divididos em três subsistemas principais, compostos por propulsão, geração de energia e controle.

A presente monografia possui como propósito abordar apenas uma pequena parcela deste vasto universo que é o Sistema DP como um todo. Delimitando a pesquisa aos sensores de vento, que, na verdade, são um único tipo de equipamento em meio ao grande número de elementos que compõe o Subsistema de Sensores. Subsistema esse que em conjunto com os Subsistemas de Referência, cabeamento, computadores e monitores (*interface* homem-máquina) formam o Sistema de Controle DP.

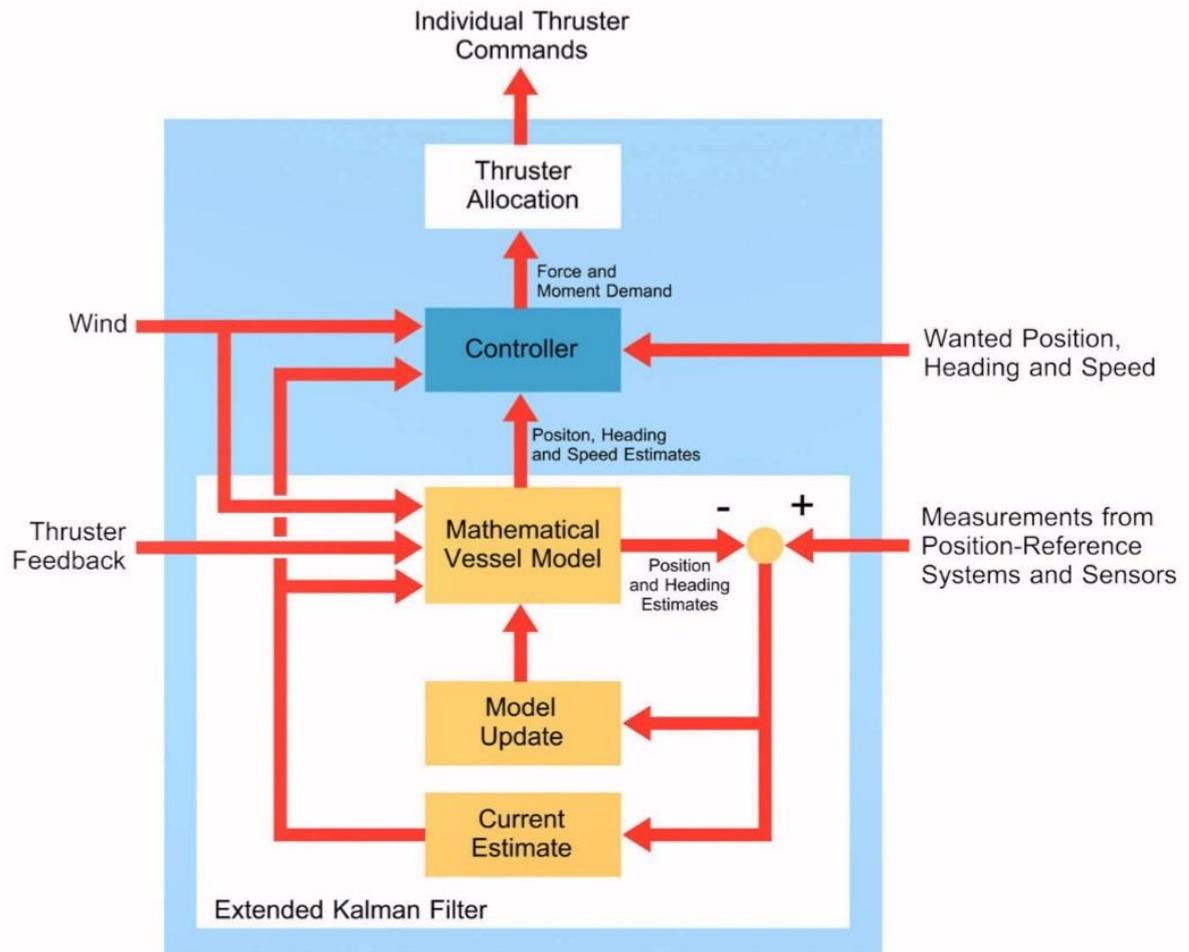
## 2 FILOSOFIA APLICADA AOS SISTEMAS DE POSICIONAMENTO DINAMICO

Conforme definido pelo Comandante BRAY, David na publicação *DP Operator's Handbook*, os sistemas de posicionamento dinâmico respeitam a seguinte filosofia: Posição e aproamento são medidos de forma contínua alimentando os controladores com tais informações. Os dados recebidos são processados e a diferença entre “*set point*” e “*feedback*” denomina-se erro ou desvio. Os controladores, que nada mais são do que computadores especializados, enviam comandos contínuos de ajuste aos *thrusters* visando reduzir, ou mesmo anular, o desvio ou erro, mantendo-o mais próximo possível de zero.

Modelos matemáticos, características hidrodinâmicas e outros parâmetros específicos das embarcações são utilizados pelos sistemas de posicionamento dinâmico como ferramentas de predição. A posição, aproamento e velocidade calculados são comparados aos valores medidos possibilitado assim uma correção e aprimoramento contínuo dos comandos enviados aos *thrusters*, auto ajustando o modelo em um formato de *loop-fechado*.

O diagrama de blocos a seguir descreve de forma simplificada a filosofia básica dos principais sistemas de posicionamento dinâmico:

Figura 1 – Visão de um sistema DP por meio de diagrama de blocos simplificado.



Fonte: KONGSBERG MARITIME AS. **Kongsberg K-Pos DP (OS) Dynamic Positioning System – Operator Manual**. Release 8.1.3, Rev. D. Kongsberg, Norway: September 2013.

### 3 DIFERENTES CLASSES DE SISTEMAS DE POSICIONAMENTO DINÂMICO

De acordo com BRAY, David em sua publicação *DP Operator's Handbook*, assim como enfatizado pela IMO junto a Circular MSC/Circ.645 - *Guidelines for vessels with dynamic positioning systems*, fica claro que um dos principais atributos, talvez a característica mais importante, presente nos sistemas de posicionamento dinâmico é a redundância.

Redundância em sistemas de posicionamento dinâmico é interpretada como o arranjo necessário a fim de que uma embarcação suporte a perda de qualquer elemento singular ou subsistema, prevenindo assim falhas catastróficas que levem a perda de posição e / ou aproamento.

Ainda de acordo com BRAY, David, redundância em embarcações DP, do ponto de vista prático, corresponde aos arranjos necessários que permitam as embarcações interromperem de forma segura uma determinada operação ou tarefa, preservando o controle DP no caso de uma falha singular.

Ciente da importância de tal característica a IMO subdividiu e classificou os sistemas de posicionamento dinâmico quanto a sua confiabilidade. Tendo como base redundância, conforme descrito na Circular MSC/Circ.645 - *Guidelines for vessels with dynamic positioning systems*, tal classificação se subdivide em três níveis distintos conhecidos como Classes de DP.

- DP Classe 1: Não há redundância. Uma perda de posição pode ocorrer em um evento de falha singular.
- DP Classe 2: Sistema redundante, ou seja, não há perda de posição em evento de falha singular que afete componentes e sistemas ativos, tais como geradores, *thrusters*, barramentos, válvulas controladas remotamente, etc. Porém a embarcação está sujeita a perda de posicionamento em caso de falhas em componentes estáticos, ou seja, cabeamento, tubulações, válvulas manuais e etc.
- DP Classe 3: Em complemento a Classe 2, também resistente a falhas em componentes estáticos sem que haja perda de posicionamento, assim como cenários de alagamento e incêndio em componentes do sistema.

Embora a IMO considere apenas três Classes de DP, onde a maior numeração reflete sistemas com maior redundância, as sociedades classificadoras vêm adotando nomenclaturas e definições distintas visando cobrir uma vasta gama de novos equipamentos disponíveis no mercado. No entanto tais classificações equivalem a classificação IMO original, respeitando o seu conceito básico.

A seguir estão descritas as principais equivalências entre a classificação IMO original e as nomenclaturas adotadas pelas sociedades classificadoras.

Figura 2 – Classes DP IMO e sua equivalência quanto a nomenclatura utilizada pelas Sociedades Classificadoras.

DP class notation

IMO equipment class	BV	DNV		ABS	GL	LR	NK	RINA	
	Bureau Veritas	Det Norske Veritas		American Bureau of Shipping	Germanischer Lloyd	Lloyds Register of Shipping	Nippon Kaiji Kyokai	Registro Italiano Navale	
	DYNAPOS SAM	DYNAPOS AUTS	DPS 0	DPS-0		DP (CM)		DYNAPOS SAM	
<b>Class 1</b>	DYNAPOS AM/AT	DYNAPOS AUT	DPS 1	DPS-1	DP 1	DP (AM)	Class A DP	DYNAPOS AM/AT	IPD-1
<b>Class 2</b>	DYNAPOS AM/AT R	DYNAPOS AUTR	DPS 2	DPS-2	DP 2	DP (AA)	Class B DP	DYNAPOS AM/AT R	IPD-2
<b>Class 3</b>	DYNAPOS AM/AT RS	DYNAPOS AUTRO	DPS 3	DPS-3	DP 3	DP (AAA)	Class C DP	DYNAPOS AM/AT RS	IPD-3

IMO equipment class	RS	IRS		CCS	NMD	KR
	Russian Register of Shipping	Indian Register of Shipping		China Classification Society	Norwegian Maritime Directorate	Korean Register of Shipping (Korea)
					DPS 0	
<b>Class 1</b>	DYNPOS-1	DP-1	GS (KK)	DP-1	DPS 1	DPS (1)
<b>Class 2</b>	DYNPOS-2	DP-2	GS (SK)	DP-2	DPS 2	DPS (2)
<b>Class 3</b>	DYNPOS-3	DP-3	GS(SS)	DP-3	DPS 3	DPS (3)

Source: Capt. D. Bray FNI – DP Operator's Handbook. The Nautical Institute, 2010. P.1  
IMO MSC/Circ.645, Guidelines for vessels with dynamic positioning systems  
Classification societies

Fonte: BRAY, David (Captain). **DP Operator's Handbook**. 2. Ed. London: The Nautical Institute, 2015.

#### 4 IMPORTÂNCIA E APLICABILIDADE DOS SENSORES NAS PLANTAS DE POSSICIONAMENTO DINÂMICO

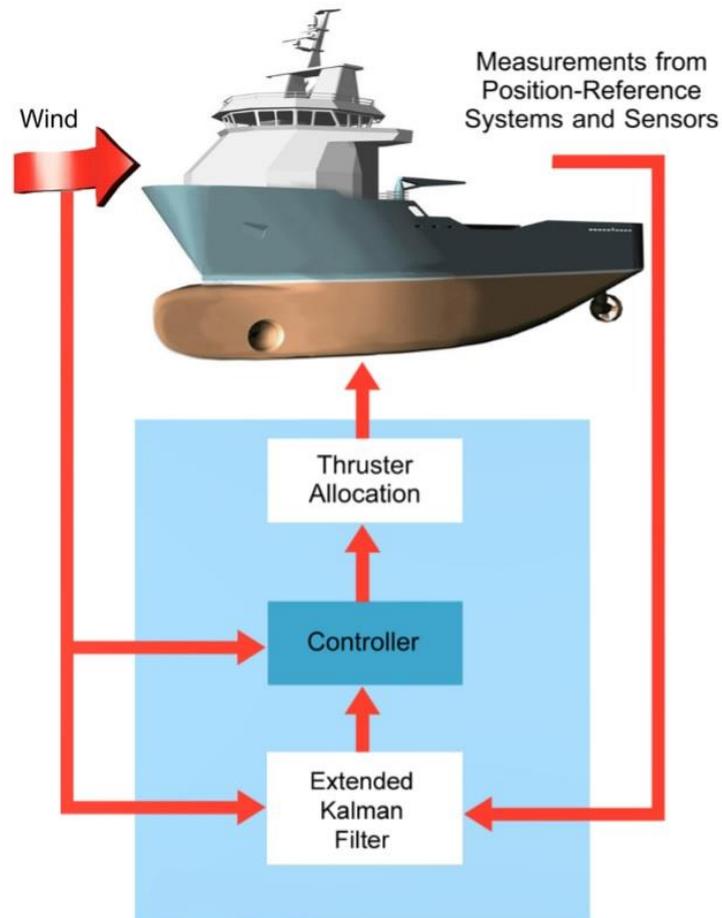
Conforme foi mencionado, os sistemas de posicionamento dinâmico necessitam alimentar o modelo matemático com informações contínuas referentes ao posicionamento, aproamento, informações ambientais, assim como outras interações quando aplicáveis. Os sistemas responsáveis por proverem informações de posicionamento, relativo ou absoluto, são conhecidos como sistemas de referência. Já os sistemas responsáveis por fornecerem dados ambientais, aproamento, calado (quando aplicável) e por muitas vezes informações que envolvam compensação direta, conhecidos como sensores.

De forma geral os principais sensores presentes nos sistemas de posicionamento dinâmico são as agulhas giroscópicas provendo informações de aproamento; VRS (*Vertical Reference Sensor*) provendo informações de balanço, caturro e arfagem; sensores de vento provendo intensidade e direção do vento. Sensores estes que não se limitam apenas aos já citados, existindo uma vasta gama de sensores específicos presentes em embarcações especializadas, tais como os sensores de calado, razão de guinada, tensão em *risers*, tensão e direção em sistemas de amarração. Sendo que o presente estudo está delimitado a cenários e fenômenos que envolvam exclusivamente sensores de vento.

Os sensores são de extrema importância para os sistemas DP pois, trabalhando em conjunto com as ferramentas de predição, alimentam o modelo matemático estando assim diretamente relacionados a precisão do sistema como um todo. Além disso, também servem como parâmetro de correção, sendo utilizados pelos sistemas de referência onde informações como aproamento, balanço e caturro são úteis a fim de corrigirem o posicionamento de antenas, transdutores e receptores.

Entretanto, diferente dos demais, os sensores de vento possuem uma característica particular, ou seja, alimentam diretamente os controladores e não apenas por intermédio do modelo matemático. Essa propriedade, exclusiva dos sensores de vento, propicia uma reação mais rápida por parte dos *thrusters* visando assim uma compensação mais ágil quando comparado aos demais sensores presentes no sistema DP. Tal característica visa reagir de forma mais dinâmica fenômenos relacionados a variações repentinas na intensidade do vento. Isso permite aos sistemas de posicionamento dinâmico compensar de maneira automatizada tais variações, solicitando diretamente aos *thrusters* redução ou força reacional extra na direção apropriada a fim de evitar uma possível deriva.

Figura 3 – Propriedade *Wind Feed-Forward* por meio de diagrama de blocos simplificado.



Fonte: KONGSBERG MARITIME AS. **Kongsberg K-Pos DP (OS) Dynamic Positioning System – Operator Manual**. Release 8.1.3, Rev. D. Kongsberg, Norway: September 2013.

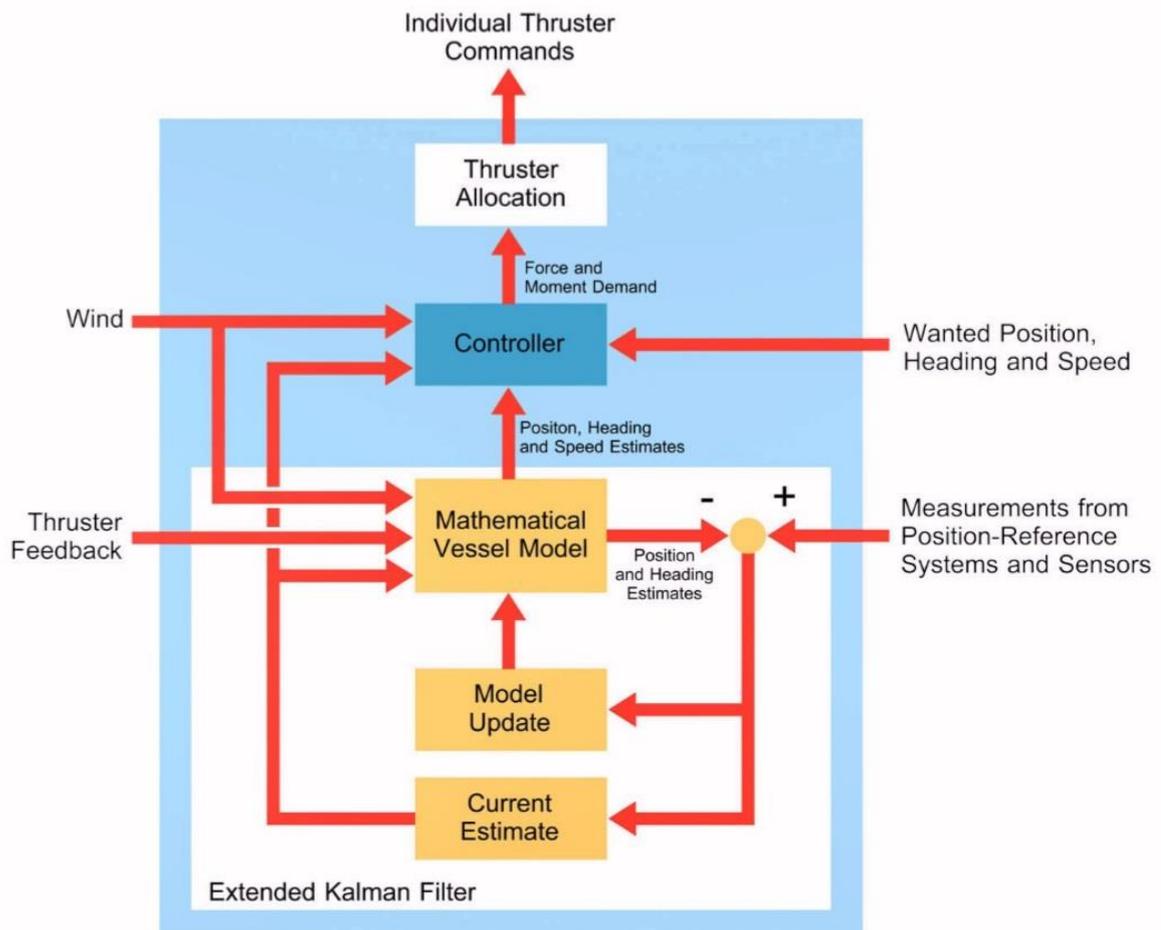
Por outro lado, tal característica, em cenários específicos, pode ocasionar reações indesejadas por parte dos sistemas de posicionamento dinâmico, na maioria das vezes agravado pela falta de experiência, treinamento e / ou atenção por parte dos operadores. Tais cenários serão estudados mais a diante, abordando as reações esperadas pelo sistema, assim como as ações recomendadas por parte dos operadores.

## 5 PLANTA DP ENTENDIDA POR MEIO DE DIAGRAMA DE BLOCOS

É possível descrever os sistemas de posicionamento dinâmico por meio de diagramas de blocos. Tais diagramas visam facilitar o entendimento do sistema DP, assim como descrevem o seu funcionamento lógico.

Abaixo pode ser visto um diagrama de blocos simplificado extraído do Manual de Operação Kongsberg. Tal diagrama, embora faça menção a um equipamento específico, possui uma filosofia abrangente podendo assim ser aplicado aos principais sistemas de posicionamento dinâmico atualmente disponíveis no mercado.

Figura 1 – Visão de um sistema DP por meio de diagrama de blocos simplificado.



Fonte: KONGSBERG MARITIME AS. **Kongsberg K-Pos DP (OS) Dynamic Positioning System – Operator Manual**. Release 8.1.3, Rev. D. Kongsberg, Norway: September 2013.

Analisando-se o diagrama, pode-se notar se tratar de um sistema em formato de *loop*-fechado, ou seja, o sistema analisa os dados obtidos por meio dos sensores e sistemas de referência, comparando tais valores às estimativas criadas pelo modelo matemático. A

diferença obtida como resultado é conhecida como erro ou desvio e utilizada para realimentar o modelo matemático e torná-lo assim cada vez mais preciso e confiável.

Exceto pelos sensores de vento, que exigem reações compensatórias mais ágeis, os dados processados e filtrados são encaminhados aos controladores que, por sua vez, convertem tais informações em momento e força. Os controladores ordenam aos *thrusters* reagirem de forma a contraporem o momento e força obtidos, visando aproximar os valores presentes (*feedback*) de aproamento e posição dos valores desejados (*set point*).

Conforme já mencionado, a alimentação direta dos controladores pelos sensores de vento visa reações compensatórias mais ágeis por parte dos *thrusters* com o objetivo de contraporem variações bruscas e repentinas na intensidade do vento. Tal característica é conhecida como *Wind Feed-Forward* ou *Gust-thruster Compensation*, dependendo da nomenclatura adotada pelo fabricante, e possui como principal objetivo reagir a fenômenos tais como rajadas ou reduções bruscas na intensidade do vento imediatamente após detectadas pelos sensores de vento. Não sendo necessário para tal um processamento e tratamento mais complexo da informação pelo modelo matemático, o que certamente demandaria um aumento no tempo de resposta.

Tal característica, uma vez que possibilita reações mais rápidas por parte dos *thrusters*, tende a reduzir a deriva da embarcação em caso de variações bruscas e repentinas na intensidade do vento, por outro lado, pode acabar ocasionando reações indesejadas pela planta de posicionamento dinâmico quando alimentado com informações mal interpretadas. Tais reações, em sua maioria, estão relacionadas a erros de leitura ou leituras que não reflitam a realidade momentânea da condição ambiental geral em que a embarcação está sendo submetida.

Como exemplos de condições que possam afetar a correta leitura dos sensores de vento é possível citar a turbulência ocasionada por estruturas próximas aos sensores de vento, interferência humana, interferência animal. E ainda, congelamento dos sensores de vento, oxidação ou má lubrificação das partes móveis, zonas de sombra, sobrevoos de aeronaves, entre diversos outros cenários que possam levar a uma leitura errônea, não refletindo a real força exercida sobre a área vélica da embarcação. Tais fenômenos podem ocasionar uma reação inesperada e indesejada por parte das plantas de posicionamento dinâmico ao tentarem compensar variações de força que na verdade são pontuais. Tais variação por ocorrem somente sobre o corpo dos sensores de vento, não exercendo assim uma força real a ser contraposta, exercida sobre a área vélica da embarcação.

Reações como as citadas anteriormente tendem a gerar instabilidade quanto ao posicionamento das embarcações, aumentando a excursão posicional ou até mesmo levando à deriva. Quando não antevisto e corretamente interpretado pelo operador de posicionamento dinâmico, essas reações inesperadas podem levar a perdas operacionais, tais como desconexões e / ou atrasos, assim como a cenários mais graves podendo culminar em abalroamentos. Porém, quando previstas e corretamente interpretadas pelos operadores de posicionamento dinâmico, medidas preventivas e de contingência podem ser adotadas a fim de reduzir e controlar tais riscos.

As medidas citadas anteriormente estão diretamente relacionadas a correta interpretação do cenário por parte dos operadores de posicionamento dinâmico. Sua eficiência depende, na maioria das vezes, da velocidade de reação por parte do operador, assim como do seu conhecimento antevendo cenários e situações que possam colocar a embarcação em risco direto.

O processo de contingência não consiste em simplesmente agir durante uma determinada condição inesperada e maléfica, mas sim identificar o fator de erro, interpretá-lo, avaliar possíveis ações corretivas ou mesmo mitigatórias para, só então, ministrar um comando utilizando a *interface* homem-máquina (IHM) para tal. Mais adiante serão vistos alguns cenários, assim como sugestões de reações, que servirão para complementar e facilitar o entendimento do que já foi dito.

## 6 CLASSIFICAÇÃO E VULNERABILIDADE DOS DIFERENTES TIPOS DE SENSORES DE VENTO

De acordo com a Kongsberg, conforme mencionado na publicação *K-Pos DP (OS) Dynamic Positioning System – Operator Manual*, para o correto funcionamento de uma planta de posicionamento dinâmico deve existir, no mínimo, um sensor de vento operacional e selecionado a fim de alimentar o sistema com informações referentes a intensidade e direção relativa do vento. Diferentes classes de sistemas de posicionamento dinâmico, configurações e *layouts* exigem diferentes quantidades de sensores, podendo existir assim mais de um sensor de vento disponível. Alguns tipos de embarcações, como por exemplo as plataformas semissubmersíveis, podem ter até seis sensores de vento dedicados ao DP e distribuídos entre os sistemas *Backup* e Principal.

Diversos sensores de vento significam uma maior redundância, no entanto, por mais sensores dedicados de vento que uma determinada embarcação esteja dotada, apenas um dos sensores de vento será utilizado pelo sistema DP. Tal sensor será selecionado pelo operador de posicionamento dinâmico e servirá como base de cálculos a fim de determinar a força vélica atuante sobre a embarcação. O sensor selecionado pelo operador é denominado Sensor de Vento Preferencial, enquanto os demais sensores de vento permanecem disponíveis e alimentando continuamente a planta DP. Todos os demais sensores de vento, com exceção do Sensor Preferencial, não serão utilizados pelo modelo matemático como base de dados durante o processo de posicionamento da embarcação, e sim apenas como referência.

É indiscutível que a disponibilidade de diversos sensores de vento gere um implemento quanto a redundância, porém, uma vasta gama de opções também traz consigo dificuldade por parte do operador de posicionamento dinâmico em determinar o sensor mais apropriado para uma determinada operação tendo em vista fatores como zonas de sombra, obstruções, turbulências causadas por estruturas, previsões ambientais, sobrevoos de aeronaves, entre diversas outras possíveis variáveis, ou até mesmo duas ou mais interferências em conjunto.

Os sistemas de posicionamento dinâmico, através de modelos matemáticos, utilizam o *input* do Sensor de Vento Preferencial a fim de determinarem a força vélica estimada exercida sobre a embarcação. No entanto, a embarcação também estará sujeita a diversas outras forças que não são medidas diretamente, ou seja, por meio de sensores, tais como as forças oriundas da ação de marulhos, vagas, correntes, interações, entre outras diversas outras possibilidades.

Tais forças, embora não sejam diretamente medidas por meio de sensores, precisam ser consideradas pelo modelo matemático a fim de serem contrapostas utilizando para tal os *thrusters* da embarcação. Sendo assim, todas as componentes de força desconhecidas pelo sistema serão, após processadas, disponibilizadas ao operador de posicionamento dinâmico por meio de uma resultante denominada “Corrente”. Porém, cabe ressaltar que embora denominada “Corrente”, não reflete necessariamente a força exercida pelas correntes marinhas, mas sim a resultante de um conjunto de componentes de forças desconhecidas e não diretamente monitorados pelo sistema DP.

Um julgamento equivocado por parte do operador de posicionamento dinâmico ao determinar o Sensor de Vento Preferencial, que apresenta valores de direção e intensidade mais próximos da condição de vento real, podem levar a uma variação na intensidade e direção da resultante “Corrente DP”. Nesta situação o sistema processa uma componente incorreta, que na verdade não reflete a compensação do vento real atuante sobre a área vélica da embarcação. Assim sendo, a diferença entre o valor calculado pelo falso *input* de vento e o valor real desconhecido será interpretado pelo modelo matemático como uma força adicional. Tal força adicional, resultado de uma componente de vento não interpretada pelo sistema DP, será somada a resultante “Corrente DP”, não refletindo assim a correta resultante ambiental na qual a embarcação estará submetida, ao menos não em origem e correta classificação das componentes.

Em condições de vento ameno ou direção e intensidade de vento constante, tal fenômeno não possui grande relevância uma vez que a força adicional criada pelo erro de leitura do sensor de vento será integrada a Corrente DP, não criando assim relevantes excursões de posicionamento. Em cenários onde existam consideráveis variações na intensidade e direção do vento, o retardo no processamento por parte do modelo matemático, combinado com a inexistência da propriedade *Wind Feed-Forward* a fim de compensar com agilidade essas rápidas variações, podem levar a excursões significativas, instabilidade posicional e, até mesmo, cenários mais críticos que ocasionem a perda de posicionamento da embarcação.

De acordo com o BRAY, David, em sua publicação *DP Operator's Handbook*, o modelo matemático não é eficiente em compensar mudanças rápidas e radicais como as que podem ocorrer na intensidade e direção do vento. Devido a um retardo relacionado ao processamento de dados, reações em tempo hábil a fenômenos tais como rajadas ficariam comprometidos. O modelo matemático pode demorar de 5 a 30 minutos para se atualizar, valores estes que podem variar de acordo com a especificação técnica de cada fabricante, no

entanto, por mais rápido que sejam, ainda sim são ineficientes em se tratando de processamento de componentes ambientais de rápida evolução. No entanto a maioria das componentes ambientais possuem evolução lenta e gradual, como por exemplo a corrente, onde tal intervalo se fará suficiente e assim apropriado, estando diretamente ligado a estabilidade e precisão do sistema DP como um todo.

Atualmente os sensores de vento mais comuns empregados nas embarcações DP são os mecânicos e os ultrassônicos. Embora possuam o mesmo conceito, aplicabilidade e objetivo, é importante conhecer as suas vantagens e desvantagens, tomando por base o seu *design*.

Conforme apresentando por PATTISON, Ann, em seu artigo *Ultrasonic wind sensors or cup anemometers? That is the question*, os anemômetros mecânicos apresentam como principal característica serem dotados de partes móveis. Tais partes são responsáveis por detectarem a intensidade e direção do vento fisicamente se movendo para tal. Possuem construção mais simples, valor mais acessível e, devido a isso, uma maior difusão no mercado. Por serem dotados de partes móveis, o que acarreta uma menor sensibilidade referente ao tempo de reação, são menos suscetíveis a turbulência, o que pode ser considerado uma vantagem em alguns tipos de embarcações. Como exemplo podem ser citadas as plataformas de petróleo que, devido à grande quantidade de estruturas e obstruções, podem sofrer com medições equivocadas em função das variações indesejadas na intensidade e direção do vento causadas, principalmente, pelo seu *layout* / projeto.

Figura 4 – Exemplo de anemômetro mecânico.

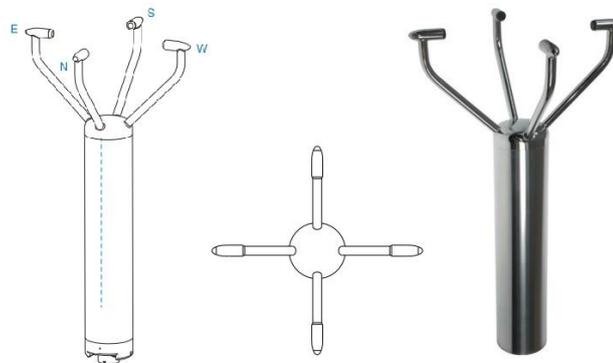


Fonte: OBSERVATOR INSTRUMENTS BV. **OMC-160 Wind Speed & Direction Sensor Datasheet**. Version 052016. Ridderkerk, Netherlands: 2016.

Também podem ser citadas algumas desvantagens quanto ao uso dos anemômetros mecânicos, sendo as mais relevantes relacionadas à sua principal característica, a existência de partes móveis. Sua concepção baseada em partes móveis os sujeita a desgaste mecânico, exigindo constantes manutenções preventivas, como também manutenções corretivas. Partes móveis também se revelam menos duráveis e mais vulneráveis a falhas relacionadas à lubrificação, incrustação por sal, congelamento e perda de sensibilidade em função de desgaste pelo tempo de uso.

Os anemômetros ultrassônicos, por sua vez, não possuem partes móveis. Sua configuração mais comum consiste em quatro transdutores, dispostos em formato de cruz, e opostos dois a dois. Esse tipo de anemômetro mede o tempo de propagação de pulsos ultrassônicos, ou seja, o tempo entre transmissão e captação de um pulso entre os sensores “Norte” e “Sul”, comparando tal valor ao tempo de propagação entre os sensores “Sul” e “Norte”. Da mesma forma os tempos são comparados entre os sensores “Leste” e “Oeste”, “Oeste” e “Leste”. A velocidade e a direção do vento podem então ser calculadas a partir das diferenças nos tempos de propagação em cada eixo.

Figura 5 – Exemplo de anemômetro ultrassônico.



Fonte: GILL INSTRUMENTS LIMITED. **WindObserver II Datasheet**. Version 1390-0030 Iss 3. Hampshire, United Kingdom: 2017.

Sua principal vantagem, quando comparados aos anemômetros mecânicos, é a ausência de partes móveis. Sem partes móveis, não há desgaste mecânico, levando assim um ganho quanto a manutenções e um considerável incremento quanto à longevidade do equipamento em geral. Também há ganhos quanto a precisão e tempo de resposta, uma vez que não há atrasos físicos gerados pelo momento de inércia no caso de parada, partida e / ou troca de direção do vento (aceleração / desaceleração gradual das partes móveis). Porém, conforme já mencionado, a sua grande sensibilidade pode tornar tal classe de sensores mais suscetíveis a turbulência.

Por tratar-se de um sistema digital, não há transmissão de dados analógicos, dispensando assim unidades intermediárias. Tais sensores também dispensam calibrações e são menos vulneráveis à trepidação. No entanto, os anemômetros ultrassônicos apresentam um maior valor aquisitivo, menor experimentação pelo mercado por se tratar de uma tecnologia mais recente, maior consumo de energia, além de serem mais vulneráveis a pássaros e interferência humana inadvertida, devido à ausência de partes móveis.

Considerando as vantagens e desvantagens, assim como as vulnerabilidades específicas relativas a cada modelo de sensor de vento, a *Marine Technology Society Dynamic Positioning Committee*, em sua publicação *DP Operations Guidance - Part 2 - Appendix 1 (MODUs)*, recomenda a utilização dos dois tipos de sensores de vento. Com esta providência se previnem falhas comuns, ou, até mesmo, simultâneas tendo em vista fabricação, modelo e longevidades semelhantes.

## 7 FALHAS E ERROS MAIS FREQUENTES NOS SENSORES DE VENTO

O operador de posicionamento dinâmico, dentro de suas atribuições, possui a responsabilidade de analisar todas as variáveis relacionadas as particularidades dos sensores de vento da embarcação para, só então, definir com precisão e consciência o sensor de vento mais apropriado o qual será utilizado pelo sistema DP. Em meio as opções disponíveis, uma vez que um sensor operacional seja selecionado pelo operador, tal sensor de vento será considerado pelo sistema como Sensor Preferencial, ou seja, sensor adotado pela planta DP como base para todos os cálculos e reações do sistema. Mesmo que existam outros sensores de vento disponíveis, tendo em vista a filosofia do sistema DP, tais sensores serão utilizados apenas como referência, não participando assim diretamente do processo de posicionamento da embarcação.

Os valores de intensidade e direção do vento obtidos pelo Sensor de Vento Preferencial, selecionado pelo operador, serão processados pelo sistema com o objetivo de aprimorá-los os tornando ainda mais razoáveis e confiáveis antes que sejam utilizados pelo sistema DP. O tratamento dos dados fornecidos pelos sensores de vento visa torná-los ainda mais realísticos, por intermédio de modelos e filtros pré-definidos, minimizando assim o risco de erros de natureza mecânica, elétrica e até mesmo ocasionados por interferência humana ou animal.

No caso em que os valores de intensidade e / ou direção do vento obtidos por um dos sensores não sejam aceitos pelo sistema, o operador de posicionamento dinâmico será automaticamente alertado por via da *interface* homem-máquina (IHM) do Sistema DP. Em plantas DP dotadas com dois ou mais sensores de vento, tais valores são comparados entre si e utilizados como referência a fim de alertarem os operadores quando a divergências significativas. O estabelecimento de tais limites varia de fabricante para fabricante, como também são levados em consideração fatores particulares de cada embarcação, tais como projeto, *design*, área geográfica, tipos de operação, entre outras variáveis possíveis.

Em situações mais críticas, visando minimizar o risco de falha humana, alguns sistemas DP possuem a autonomia de rejeitar automaticamente o sensor de vento definido pelo operador como sendo preferencial, assumindo então outro sensor de vento que aparente estar mais “sadio”. Tais situações estão ligadas principalmente a falhas mecânicas e / ou elétricas onde há interrupção do sinal ou mesmo variações bruscas na intensidade e / ou direção do vento que superem limites pré-estabelecido de projeto. Tal ferramenta de segurança possui como principal objetivo reagir, de forma imediata, a situações ocasionadas

por falhas específicas que possam colocar em risco o posicionamento da embarcação devido a propriedade reativa automática *Wind Feed-Forward*, também conhecida como *Gust-thruster Compensation*, já mencionada anteriormente.

Cenários mais críticos também estão previsto, podendo levar o sistema DP a operar sem qualquer *input* de vento. Neste caso o sistema DP utiliza a informação de vento mais recente, de forma contínua, possibilitando assim o posicionamento da embarcação principalmente em condições amenas de vento ou quando não há significativa variação na intensidade e direção do vento.

## 8 CENÁRIOS DE RISCO RELACIONADOS AOS SENSORES DE VENTO

Diversos cenários relacionados aos sensores de vento, quando mal interpretados ou não previstos pelo operador de posicionamento dinâmico, podem gerar razões inesperadas pela planta DP. Tais cenários, dependendo da severidade da operação, podem inclusive levar a resultados catastróficos colocando em risco não somente a operação, mas também a embarcação e sua tripulação.

Antes de qualquer operação, por mais simples que pareça, o Operador de Posicionamento Dinâmico deve avaliar todos os riscos relacionados às possíveis interações que possam influenciar na correta leitura dos sensores de vento. Riscos tais como sobrevoos de aeronaves, temperaturas extremas, aproximações de estruturas que possam levar a obstrução vélica, descargas inadvertidas proveniente dos sistemas de exaustão dos motores, transferência de graneis, ventilação de silos, manobras junto a unidades realizando controle de poço ou em fase de produção, alterações na direção do vento ou mesmo trocas de aproamento que possam posicionar os sensores de vento em zonas de sombra ou turbulência, devem ser considerados e minuciosamente avaliados a fim de não surpreenderem o operador de posicionamento dinâmico. Uma vez identificado qualquer cenário que possa levar a erro de leitura do sensor, o operador deve considerar e avaliar os riscos, buscando por alternativas mais seguras ou, até mesmo, interrompendo a operação em caso de risco não mitigável.

A seguir serão analisados alguns cenários cotidianos aplicados ao ambiente *Offshore*. Cenários estes que podem colocar a embarcação em risco quando desconhecidos, não previstos ou até mesmo negligenciados pelo operador de posicionamento dinâmico, oriundos da interação e reação direta dos sensores de vento sobre a planta DP.

### 8.1 TROCA DE APROAMENTO OU ALTERAÇÃO NA DIREÇÃO DO VENTO.

Não há nada mais básico e fundamental no mundo *Offshore* do que uma simples troca de aproamento, assim como toda e qualquer embarcação está sujeita a alterações na direção do vento. Porém, para tal, o operador de posicionamento dinâmico deve conhecer certas particularidades da embarcação, tais como quantidade, tipo, posicionamento e até mesmo a altura dos sensores de vento disponíveis.

Algumas classes de embarcações, devido a características de construção particular, possuem sensores de vento setoriais. Tais sensores não são uma classe a parte, mas sim sensores convencionais que, devido ao seu posicionamento, oferecem cobertura limitada e

ineficiente em determinados ângulos. Neste caso os sensores de vento não usufruem da característica padrão de cobrirem toda a área ao seu redor, 360°, assim como na maioria das embarcações DP. Como exemplo podemos citar as plataformas semissubmersíveis que podem apresentar até seis sensores de vento dedicados ao DP, distribuídos entre os sistemas *Backup* e *Principal*, com aplicação setorial tendo em vista seu *layout*.

É importante mencionar que quando dizemos setoriais, não se tratam de limites físicos pré-estabelecidos, mas sim zonas onde a eficiência do sensor será comprometida por fenômenos como turbulência ou obstrução direta. Tais zonas não são fixas, podendo variar por influência de estruturas móveis ou até mesmo intensidade do vento como nos casos de turbulência.

Abaixo podemos ver, como exemplo, uma plataforma semissubmersível dotada com cinco sensores de vento. Através da imagem é possível notar que, dependendo da direção do vento, estruturas como a Torre de Perfuração, compensadores de arfagem e até mesmo os guindastes podem servir como barreira vélica ou fonte de turbulência. Sendo assim, o operador de posicionamento dinâmico deve ter em mente o posicionamento e zona de cobertura de cada um dos cinco sensores de vento a fim de selecionar o Sensor de Vento Preferencial, assim como monitorar a tendência do vento o que lhe permitirá antecipar alterações indesejáveis referentes a direção e intensidade.

Figura 6 – Exemplo de posicionamento dos sensores de vento em unidades semissubmersíveis.



Fonte: Anna Clopet Industrial Oil and Gas Photographer. **Offshore Oil Rig**. Foto editada para fins didático.

Caso o operador de posicionamento dinâmico selecione como Sensor de Vento Preferencial um sensor inadequado, ou seja, submetido a zona de sombra transitória, turbulência ou mesmo obstrução total, a planta de posicionamento dinâmico poderá reagir de forma indesejada. Tal reação normalmente está diretamente ligada a magnitude nas variações de intensidade e / ou direção do vento no qual o Sensor Preferencial estará sujeito, podendo inclusive levar a embarcação a instabilidade posicional ou até mesmo deriva em cenários de maior amplitude.

Ainda utilizando a figura acima como base, podem surgir alguns questionamentos quanto ao posicionamento dos sensores de vento. Parece óbvio que o melhor local a fim de se posicionar os sensores de vento seria no topo da Torre de Perfuração, porém existem diversas variáveis que, quando consideradas, acabam por descartar tal opção. Como justificativa podemos citar a variação natural na intensidade do vento em função da altura. As forças de atrito, devido à fricção da massa de ar em movimento com a superfície do mar, provocam uma diminuição na velocidade do vento, criando assim divergência entre os valores medidos por sensores localizados em grandes altitudes e a real influência do vento sobre a área vélica dominante da embarcação.

Outra consideração importante tem como base a principal característica dos sistemas de posicionamento dinâmico, ou seja, redundância. Posicionar todos os sensores de vento em um único local criaria um cenário de risco onde, em situações extremas, todos os sensores de vento poderiam ser incapacitados simultaneamente.

Além dos fatores acima outros fatores, de menor relevância, também devem ser considerados. Dificuldade de acesso em caso de manutenção, trepidação, comprimento do cabeamento, trânsito de pessoas, movimentação de equipamentos e cargas, temperatura, entre diversas outras variáveis, exigem um estudo detalhado e profundo durante a fase de projeto a fim de se determinar não somente um posicionamento desimpedido, mas sim levando em consideração qualidades como operacionalidade, segurança e confiabilidade.

## 8.2 SOBREVOO, ATERRISAGEM E DECOLAGEM DE AERONAVES.

Os sobrevoos, aterrisagens e decolagens de aeronaves são operações que, por si só, já submetem as embarcações a um grande risco operacional. A turbulência e rajadas geradas pelas pás dos rotores principal e / ou de cauda, assim como a descarga proveniente das turbinas, podem acarretar grande influência sobre os sensores de vento.

Tal influência pode ocasionar erros de leitura no Sensor Preferencial, gerando assim riscos tais como instabilidade posicional ou até mesmo deriva da embarcação. Como principal cenário de risco é possível citar a instabilidade posicional durante a fase de aterrisagem de uma aeronave sobre uma embarcação *offshore*. Ao sobrevoar o Sensor de Vento Preferencial as rajadas de vento geradas pela aeronave podem ser interpretadas equivocadamente pelo sistema de posicionamento dinâmico como sendo rajadas ambientais, criando assim possíveis reações indesejadas por parte do sistema DP. Tais reações, tendo em vista a propriedade *Wind Feed-Forward*, podem levar a embarcação a uma deriva ou instabilidade posicional colocando assim em risco a manobra de aterrisagem normalmente em sua etapa final (toque).

Outro cenário hipotético a ser considerado envolve a rejeição automática do Sensor de Vento Preferencial ao receber uma rajada direta que supere o valor máximo admitido a variações de intensidade e / ou direção preestabelecidos em projeto. Tal cenário não envolve risco direto a não ser quando existem sensores em zona de sombra, o que costuma ser muito comum em unidades de *design* complexo como as plataformas semissubmersíveis. Neste caso o sistema DP seleciona automaticamente outro Sensor de Vento Preferencial, no entanto um sensor em zona de sombra, não refletindo assim a real interação de vento atuante sobre a embarcação.

Tendo em vista que determinadas operações exigem duas ou mais embarcações DP trabalhando em conjunto, uma próxima a outra, ou até mesmo conectadas. Devemos levar em consideração não somente os efeitos causados pelas aeronaves nas embarcações dotadas com heliporto, mas também em outras embarcações que porventura sejam sobrevoadas quando operando a curtas distâncias. Como exemplo de operação podem ser citados os bombeios offshore e operações de estimulação de poço, onde, por muitas vezes, a aterrissagem e decolagem de aeronaves ocorrerem com outras embarcações conectadas por meio de mangotes, as submetendo assim aos mesmos riscos.

Embarcações operando em conjunto geram um risco adicional pois, tendo em vista as reações já citadas, por analogia, toda e qualquer embarcação DP pode sofrer com os efeitos de distúrbios sobre os seus sensores de vento. Sendo assim, embarcações em operações conjunta devem ser informadas antecipadamente quanto ao planejamento de voos, assim como discutirem e compartilharem informações referentes a contingência e procedimentos operacionais pertinentes. Lembrando que falhas no posicionamento de embarcações próximas podem levar a desconexões de emergência, rompimento de mangotes, atrasos operacionais ou até mesmo cenários mais críticos como abalroamento.

Com o objetivo de prevenir tais cenários, o operador de posicionamento dinâmico pode adotar algumas medidas mitigatórias tais como se antecipar a escolha do Sensor de Vento Preferencial levando em consideração as particularidades já citadas, planejar uma possível troca de aproamento visando deixar, no mínimo, dois sensores de vento disponíveis e fora da zona de sombra, discutir com o Comandante da aeronave os melhores setores de aproximação, contatar as embarcações próximas e informá-las sobre a manobra, tomar ciência e avaliar o plano de contingência, entre diversas outras medidas preventivas. Em cenários onde não há a possibilidade de alterar o aproamento e a influência da aeronave sobre os sensores de vento é inevitável, a ação recomendada consiste em desabilitar temporariamente todos os sensores de vento e aguardar pela aterrissagem, posterior decolagem, da aeronave apenas utilizando as informações de vento salvas pelo modelo matemático. Assim a embarcação estará imune as rajadas pontais geradas pelos rotores e turbinas, entretanto novos riscos serão associados exigindo assim uma nova análise e avaliação por parte do operador de posicionamento dinâmico, tendo como base principalmente a resultante ambiental na qual a embarcação estará sujeita.

### 8.3 OPERAÇÕES ENTRE EMBARCAÇÕES DE APOIO E PLATAFORMAS DE PETRÓLEO.

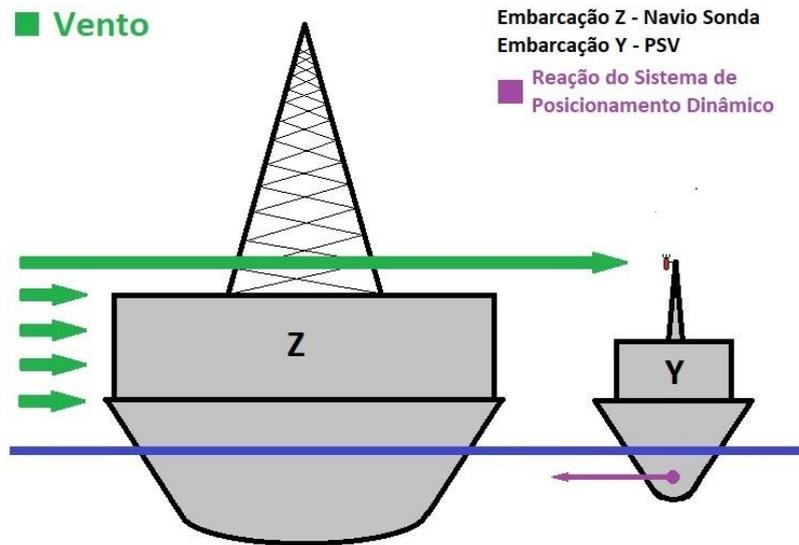
#### 8.3.1 Aproximação ente embarcações de apoio e navios sonda.

Embora existam diversos riscos inerentes as operações de aproximação, apenas os cenários diretamente ligados aos sensores de vento serão abordados. Assim sendo, delimitaremos a análise citando situações hipotéticas específicas, no entanto que reflitam operações cotidianas no ambiente offshore.

Para o primeiro cenário utilizaremos duas embarcações hipotéticas chamadas “Z” e “Y”. A embarcação “Z” representará um navio sonda, já a embarcação “Y” representará um PSV. No entanto não se faz necessário se apegar ao propósito da embarcação, tendo em vista se tratem de cenários genéricos permitindo assim a sua aplicabilidade a uma vasta gama de embarcações.

Consideremos o seguinte cenário; aproximação da embarcação PSV, em meio a uma condição ambiental severa, onde o vento está entrando pelo bordo oposto ao bordo de operação e o Navio Sonda possui restrições quanto a mudança de aproamento. Do ponto de vista operacional, tal situação pode parecer favorável quando levando em consideração benefícios tais como deriva favorável da embarcação PSV e zona de operação abrigada. Quando citamos o termo deriva favorável, significa uma deriva segura em caso de *blackout* ou perda de posicionamento, onde a embarcação derivará afastando-se de outra embarcação e não em seu encontro. No caso acima a embarcação PSV derivaria se afastando do Navio Sonda evitando assim um possível abalroamento. Já em relação a operação em zona abrigada, tal fenômeno ocorre quando uma embarcação de maior dimensão, como por exemplo um navio sonda, funciona como obstrução abrigando assim o bordo de operação do vento e, possivelmente, mar. Entretanto, no cenário citado, embora à primeira vista pareça um cenário favorável e extremamente comum, devemos considerar possíveis riscos relacionados a interpretação da planta de posicionamento dinâmico da embarcação PSV tendo em vista a obstrução vélica gerada pelo costado e estruturas do Navio Sonda.

Figura 7 – Cenário de aproximação entre embarcação PSV e navio sonda.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante o processo de aproximação, com em toda planta DP, o sistema de posicionamento dinâmico da embarcação PSV, mediante as informações provenientes dos sensores e sistemas de referência, processará tais dados gerando uma força resultante a ser compensada pelo sistema de propulsão da embarcação. Normalmente em fase final de aproximação, onde os efeitos do costado e estruturas do Navio Sonda são mais evidentes, pode ser que haja uma obstrução parcial ou mesmo total do vento.

Conforme observado na figura acima (Figura 7), se fazendo ainda mais evidente em aproximações longitudinais, a partir de um determinado momento a embarcação PSV deixará de sofrer influência, parcial ou mesmo total, do vento devido a uma obstrução vélica gerada pelo Navio Sonda. Entretanto, devido ao elevado posicionamento do sensor de vento na embarcação PSV, normalmente localizado no Mastro Principal, este estará suscetível aos efeitos do vento, inclusive rajadas (cenário mais crítico), ao contrário do efeito real no qual a embarcação em si estará submetida.

Levando em consideração a propriedade *Wind Feed-Forward*, é possível notar que a embarcação PSV reagirá a efeitos de vento que na verdade não estarão incidindo sobre a área vélica da embarcação (total ou parcialmente). Sendo assim, a Planta DP da embarcação PSV reagirá contrapondo uma força que na verdade não existe, podendo levar assim a instabilidade posicional ou mesmo originando uma força resultante que leve a embarcação PSV de encontro ao Navio Sonda.

Tendo em vista tais riscos, os operadores de posicionamento dinâmico de ambas as embarcações devem avaliar e prever, em conjunto, condições meteorológicas que possam

acarretar tal cenário. Inclusive estudarem possíveis trocas de aproamento, ou até mesmo bordo de operação, a fim de se obter um aproamento satisfatório levando em consideração não somente à deriva e rotas de fuga, mas também considerando indesejáveis obstruções vélicas.

### 8.3.2 **Operação entre embarcações de apoio e navios sonda.**

Ainda tendo em vista as propriedades apresentadas e descritas no tópico anterior, os operadores de posicionamento dinâmico devem se precaver não somente durante a fase de aproximação, mas sim durante todo o período em que a embarcação de apoio estiver a contrabordo do navio sonda.

Algumas operações offshore, tais como bombeios, estimulações, abastecimentos, movimentações de carga, entre diversas outras, podem durar longos períodos de tempo, não sendo raras operações que exijam embarcações posicionadas a contrabordo por dias.

Sendo assim, uma vez que as condições ambientais podem se desenvolver ao longo do dia, um aproamento antes favorável a operação pode se tornar um aproamento de risco apenas tendo em vista alterações na direção e / ou intensidade do vento. Tais alterações podem exigir ajustes conforme o cenário e avaliação dos operadores de posicionamento dinâmico, buscando uma nova condição de aproamento que ofereça maior segurança operacional.

Imaginemos uma embarcação de apoio operando a contrabordo junto a um navio sonda. Hipoteticamente a operação ocorre por boreste do navio sonda, com alinhamento proa com proa, quando um mal tempo começa e se desenvolver próximo a zona de operação. O vento, que antes entrava levemente pela bochecha de bombordo de ambas as embarcações, admite uma tendência para bombordo guinando assim até se estabelecer entrando pelo través bombordo do navio sonda. Desta forma, conforme descrito no tópico anterior, o navio sonda funcionará como obstrução vélica, o que aparentemente soa com uma situação favorável de operação tendo em vista a direção de deriva da embarcação PSV. No entanto, ciente das características e reações já citadas, as rajadas de vento podem levar a planta DP da embarcação PSV a reagirem de forma inadequada, dificultando o posicionamento da embarcação ou mesmo a levando a derivar em direção ao navio sonda em virtude da intensidade das rajadas de vento.

Tal condição deve ser prevista pelos operadores de posicionamento dinâmico de ambas as embarcações. Para tal, os operadores podem utilizar ferramentas como o acompanhamento sinótico, monitoramento via radares e anemômetros, boletins meteorológicos, observações visuais, entre outras possibilidades. Uma vez previsto qualquer

cenário de risco, medidas de contingência devem ser adotadas, tais como alterações no aproamento, seleção de mais thrusters, disponibilização de mais geradores, ou até mesmo interrupção temporária da operação até um quadro ambiental mais favorável.

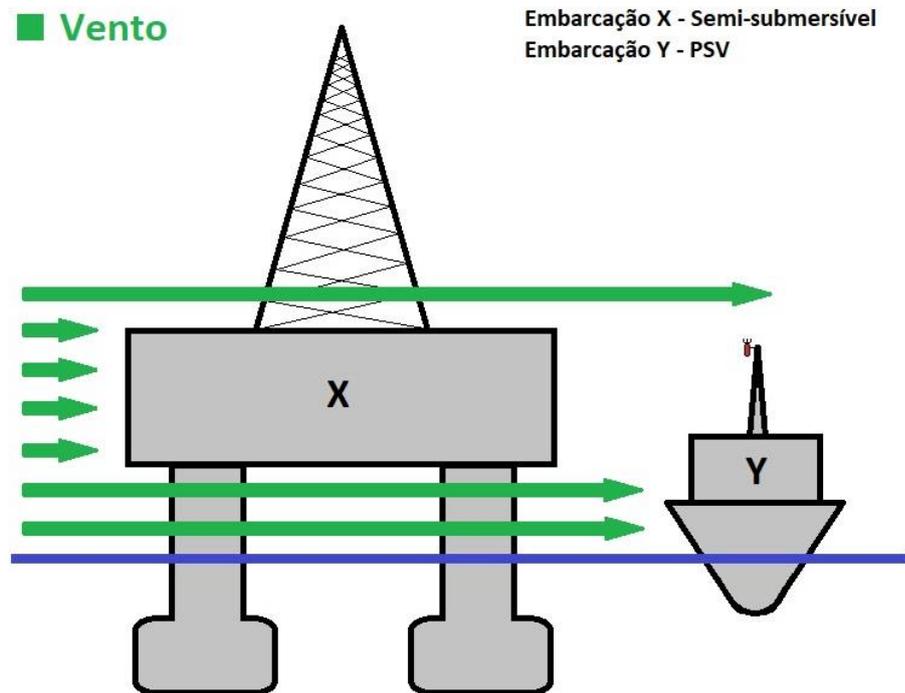
### 8.3.3 **Operação entre embarcações de apoio e plataformas semissubmersíveis.**

Não apenas os navios sonda oferecem riscos. Plataformas semissubmersíveis também podem gerar obstruções, no entanto levando a cenários distintos.

Tendo em vista o seu *design*, as plataformas semissubmersíveis geram menos obstrução vélica que os navios sonda. Sua construção concebida por meio de colunas apoiadas sobre submarinos permite melhor fluxo de vento ao nível do mar. Por outro lado, a superestrutura e conveses elevados, geram uma barreira vélica suspensa, não exercendo influência direta sobre o costado das embarcações de apoio, porém obstruindo, total ou parcialmente, seus sensores de vento normalmente localizados no Mastro Principal.

Também se faz necessário citar a grande facilidade das plataformas semissubmersíveis em manterem o seu aproamento em condições adversas de vento. Enquanto os navios sonda tendem a operar afilados com o vento, tal característica nem sempre se aplica as plataformas semissubmersíveis tendo em vista o seu *layout* e interação vélica quase que invariável com o aproamento. Sendo assim, não é raro encontrar plataformas semissubmersíveis operando com o vento entrando por través, na maioria das vezes visando uma deriva favorável das embarcações de apoio quando a contrabordo da unidade.

Figura 8 – Cenário de aproximação entre embarcação PSV e plataforma semissubmersível.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Observando a Figura 8, ao contrário das interações descritas anteriormente, podemos notar que a Plataforma Semissubmersível X não exercerá uma obstrução vélica considerável sobre o costado da Embarcação Y. Entretanto, tendo em vista a altura dos conveses da Plataforma Semissubmersível X, é possível que uma zona de obstrução vélica, parcial ou total, exerça influência exatamente sobre o Mastro Principal da Embarcação Y. Mastro este no qual normalmente estão localizados os sensores de vento que atendem a planta DP.

No exemplo acima, considerando a fase de aproximação, onde hipoteticamente o vento estará entrando por través e bordo oposto ao bordo de operação, é possível notar que, a partir de um determinado ponto, os sensores de vento da Embarcação Y começarão a sofrer influência fornecendo assim informações de intensidade de vento mais brandas a planta DP. Tal abrandamento tem como origem a obstrução vélica causada pela Plataforma X, no entanto, tal obstrução não exercerá considerável influência sobre o costado da Embarcação Y ainda suscetível as interações ambientais e, inclusive, rajadas de vento (cenário mais crítico).

Uma vez estando com a leitura dos sensores de vento comprometida, o sistema DP da Embarcação Y somará a componente de força exercida pelo vento, no momento desconhecida devido sua inobservância pelo sensor, a resultante de Corrente DP. Tal ação não impedirá o posicionamento da embarcação, no entanto, em caso de variações na intensidade ou mesmo

direção do vento, sua lenta reação, devido a não aplicabilidade da propriedade *Wind Feed-Forward*, poderá ocasionar dificuldade de posicionamento ou até mesmo levar à deriva.

O cenário acima descreve uma condição operacional típica. Os riscos podem ser ainda maiores quando envolvendo operações que exijam bombeio, ou seja, embarcações conectadas por meio de mangotes. Em tais operações, variações no posicionamento das embarcações são de grande relevância, podendo levar a desconexões de emergência ou mesmo ao rompimento de mangotes em casos mais críticos.

Embora envolva grande risco operacional, tal cenário pode ser evitado. Para isso o operador de posicionamento dinâmico deve conhecer as características da sua embarcação, assim como monitorar a condição ambiental ao seu redor. É recomendável que as manobras sejam combinadas em conjunto, plataforma e embarcação de apoio, a fim de que todos os limitantes e características de ambas as embarcações sejam consideradas e avaliadas no intuito de definir o melhor e mais seguro aproamento operacional.

#### 8.3.4 Descargas inadvertidas.

Até o presente momento analisamos cenários de fácil percepção por parte dos operadores de posicionamento dinâmico. Entretanto, existem cenários, em sua maioria relacionado a descargas inadvertidas, que podem levar a quadros de grande risco operacional, até mesmo abalroamento tendo em vista sua severidade.

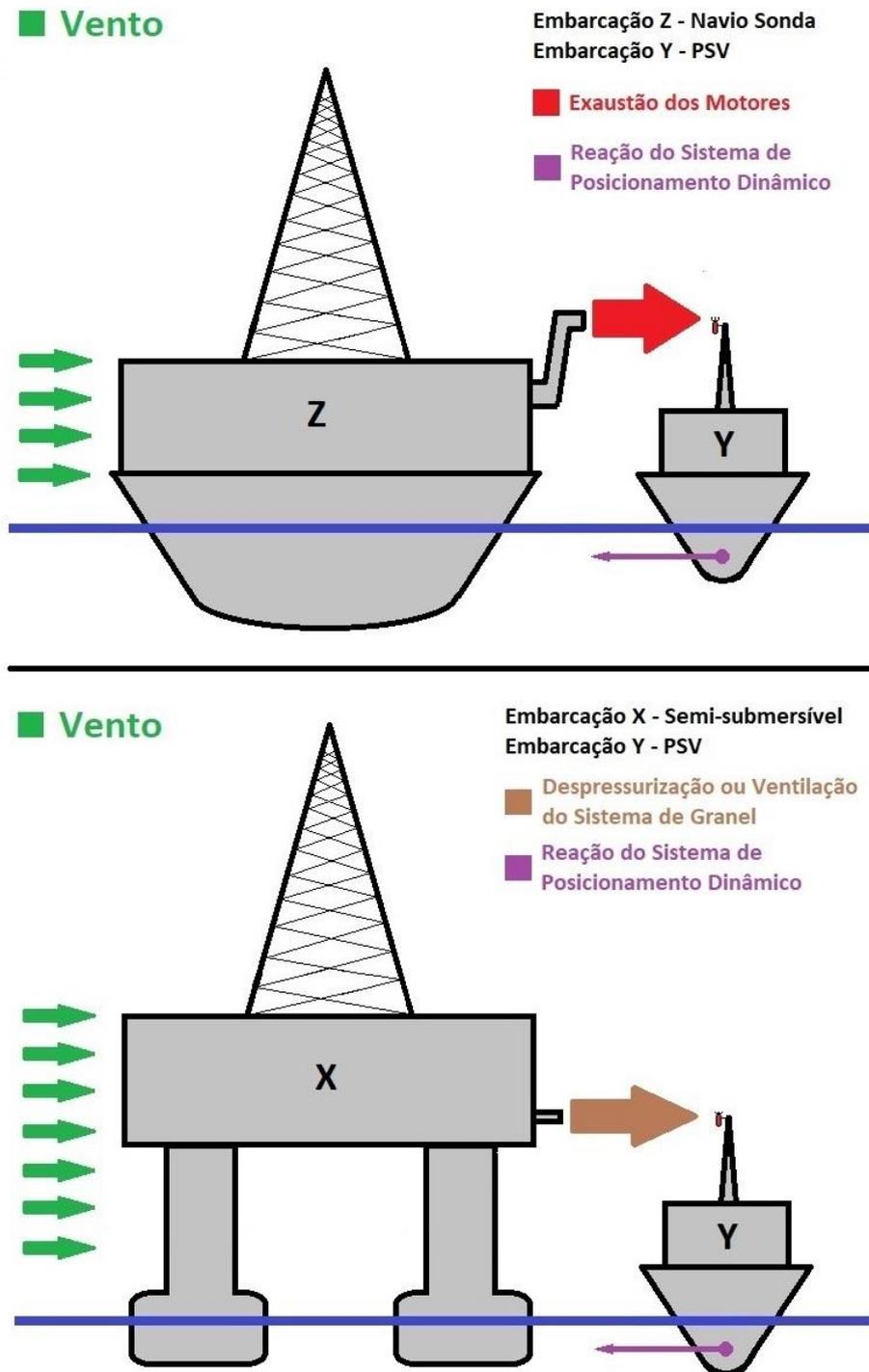
Neste tópico trataremos sobre possíveis descargas inadvertidas quando operando a contrabordo. Descargas estas pontuais, no entanto podendo exercer influência direta sobre os sensores de vento, ou seja, possivelmente ocasionando reações inadvertidas e indesejadas por parte da planta DP de uma embarcação.

Por analogia, tendo em vista os tópicos anteriores, é fácil notar que as reações indesejadas estarão diretamente ligadas a propriedade *Wind Feed-Forward*. Entretanto, diferente dos tópicos já citados, neste caso trataremos de uma descarga de vento pontual e direcionada, ou seja, dificultando assim a sua observância e na grande maioria das vezes inadvertida tendo em vista não aparentarem risco direto as operações, embora sejam.

Tais descargas são mais comuns em plataformas de petróleo, entretanto, tendo em vista principalmente o seu *design* e operação, podem existir diversos outros tipos de embarcações que apresentem características semelhantes. Como exemplo de descargas que possam ocasionar fluxos significativos podemos citar as operações de controle de poço, operações com graneis, limpeza de linhas, exaustão de motores, entre diversas outras.

Podemos ver abaixo, na Figura 9, dois exemplos ilustrativos sobre a possível influência de tais descargas. No primeiro exemplo, tendo em vista o seu *design*, um Navio Sonda hipotético denominado Z lança os gases provenientes da exaustão de seus motores diretamente sobre os sensores de vento da Embarcação Y. Tal cenário é bastante comum, principalmente em condições ambientais que exijam uma maior demanda de carga, ou mesmo em situações tais como partida automática de motores, realinhamento da planta geradora, descarbonização de motores e testes de carga. É importante notar que todos os exemplos anteriores, levam exatamente a mesma consequência. Ou seja, uma descarga pontual e direta sobre os sensores de vento da Embarcação Y, o que a fará reagir, tendo em vista a propriedade *Wind Feed-Forward*, a uma força que na verdade é inexistente. O que levará a embarcação a derivar em direção oposta a direção de descarga, ou seja, de encontro ao Navio Sonda Z. A gravidade de tais interações normalmente está relacionada a intensidade da descarga, distância e tempo de reação por parte do operador de posicionamento dinâmico.

Figura 9 – Efeitos da exaustão e descargas das plataformas sobre as embarcações PSV.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No exemplo seguinte podemos observar uma operação de limpeza de linhas, ventilação de silos ou mesmo transferência interna de graneis. Onde a despressurização do sistema de bobeio de granel da Plataforma Semissubmersível X incidirá diretamente sobre o sensor de vento da Embarcação Y. Embora neste exemplo tenhamos um fluxo distinto do

anterior, a reação por parte da planta DP da Embarcação Y será idêntica, podendo assim levar a um evento de grande risco operacional.

Cenários ligados a operações de controle de poço também podem levar a resultados similares. Neste caso, a falta de comunicação interdepartamental normalmente tem grande influência, uma vez que a operação de seus equipamentos e alinhamento de suas linhas independem da ação do DPO. Como exemplo podemos citar o alinhamento do *Diverter*, sistema projetado a fim de desviar o fluxo do poço em situações de controle de poço, podendo ser alinhado para ambos os bordos conforme conveniente para a embarcação.

Figura 10 – *Diverter* em situação de controle de poço.



Fonte: OFFICER OF THE WATCH. **Blowout and Subsequent Fire on Offshore Platform – Investigation Report:** December 23<sup>rd</sup>, 2103.

Mesmo se tratando de cenários de difícil previsão, tais situações ainda sim podem ser prevenidas. Para tal, a melhor ferramenta nos casos descritos acima, assim como em muitos outros, continua sendo uma boa comunicação interdepartamental. O operador de posicionamento dinâmico deve ser informado sobre toda e qualquer manobra que possa ocasionar interação com o meio exterior, mesmo que não aparente risco eminente.

Considerando manobras tais como transferências internas de graneis, ventilação de silos, bordo de alinhamento do Diverter, testes funcionais no gerador de emergência, geradores em funcionamento e sequência de partida dos geradores subsequentes, o operador de posicionamento dinâmico poderá definir o bordo de operação mais adequado ou mesmo

alterar o aproamento da unidade visando torná-lo ainda mais seguro e confiável. Se antecipando e coletando tais informações, o risco de descargas inadvertidas reduzirá consideravelmente.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversos cenários envolvendo falhas humanas, mecânicas e operacionais foram descritos e analisados desde o seu fundamento. Embora operacionalmente falando existam poucas semelhanças entre eles há um grande ponto comum, ou seja, todos são passíveis de prevenção e / ou contingência. Uma vez conhecidos e antevistos pelos operadores de posicionamento dinâmico, tais cenários podem ser evitados ou mesmo controlados de maneira eficaz, prevenindo assim que as falhas mencionadas se desenvolvam em ocorrências de maior gravidade ou até mesmo catastróficas tendo em vista seu enorme potencial.

Mesmo em meio a tamanho desenvolvimento tecnológico e sistemas cada vez mais autônomos, o operador de posicionamento dinâmico continua sendo o principal “componente” em qualquer que seja o sistema DP. Suas observações, seu instinto, sua capacidade de antever cenários e analisá-los considerando variáveis externas o torna fundamental para o correto funcionamento de qualquer planta, lhe atribuindo a função de principal “ferramenta de segurança” do sistema.

Conforme observado anteriormente, na grande maioria dos casos, a principal fonte de risco está diretamente ligada ao senso de responsabilidade, atenção e, principalmente, a experiência e conhecimento do operador de posicionamento dinâmico. Existem também falhas mecânicas, elétricas e de software, porém um operador bem preparado e treinado estará apto a reagir em tempo hábil, sempre considerando segurança como sendo sua principal prioridade, onde velocidade de reação normalmente estará inversamente ligada a magnitude dos danos.

Uma vez ciente da importância do operador de posicionamento dinâmico, fica fácil deduzir que o mercado deveria investir, não somente em tecnologia, mas também enfatizar a formação técnica, acadêmica e profissional dos operadores. Em meio a voraz evolução

tecnológica, treinamentos operacionais, treinamentos específicos, simulações, congressos, seminários e *workshop* se fazem fundamentais como forma dos DPO's acompanharem tais avanços, podendo assim ser amplamente empregados como ferramenta de troca de conhecimentos e nivelamento técnico.

Sensores de vento, agulhas giroscópicas, VRS são de fundamental importância operacional, sendo que cada um deles possui riscos específicos, no entanto menos divulgados quando comparados a sistemas mais críticos tais como os de referência. Embora o seu desconhecimento técnico também possa levar a cenários catastróficos, não existem treinamentos específicos visando uma abordagem mais profunda, sendo tais subsistemas tratados de forma superficial e genérica sem ressaltarem assim sua real importância e riscos.

Algumas empresas, por iniciativa própria, cientes de que grande parte dos riscos operacionais estão diretamente ligados ao desconhecimento técnico e assim baixo poder de análise, antecipação e reação por parte dos operadores, vem adotando cursos de cenários DP e simuladores. Tais treinamentos, embora de grande valia, não são mandatórios ou mesmo exigência de mercado, e sim iniciativas isoladas de empresas que, por meio da experiência adquirida, conseguem visualizar a grande melhora e os benefícios ligados ao fator segurança operacional que tais investimentos podem proporcionar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN OIL & GAS HISTORICAL SOCIETY. **Offshore Petroleum History**. Disponível em: <<http://aoghs.org/offshore-history/offshore-oil-history/>>. Acessado em: 24 de julho de 2017.

BRAY, David. **DP Operator's Handbook**. 2. Ed. London: The Nautical Institute, 2015.

COTTA, Pery. **O petróleo é nosso?**. Rio de Janeiro: Guavira Editores, 1975.

GILL INSTRUMENTS LIMITED. **WindObserver II Datasheet**. Version 1390-0030 Iss 3. Hampshire: 2017.

IMCA – THE INTERNATIONAL MARINE CONTRACTORS ASSOCIATION. Disponível em: <<https://www.imca-int.com/>>. Acesso em: 20 de Julho de 2017.

IMO – INTERNATIONAL MARITIME ORGANIATION. **MSC/Circ. 645 Guidelines for vessels with dynamic positioning systems**. London: June 1994.

IMO – INTERNATIONAL MARITIME ORGANIATION. **Amendments to the Guidelines for vessels with dynamic positioning systems (MSC/Circ. 645)**. London: December 2014.

KONGSBERG MARITIME AS. **DP Basic Operator Course Training Manual**. Rio de Janeiro: Kongsberg, fevereiro de 2004.

KONGSBERG MARITIME AS. **DP Advanced Operator Course Training Manual**. Rio de Janeiro: Kongsberg, novembro de 2007.

KONGSBERG MARITIME AS. **DP Scenario Training for Seadrill**. Rio de Janeiro: Kongsberg, fevereiro de 2012.

KONGSBERG MARITIME AS. **Kongsberg K-Pos DP (OS) Dynamic Positioning System – Operator Manual**. Release 7.1.14, Rev. J. Kongsberg: Kongsberg, June 2013.

KONGSBERG MARITIME AS. **Kongsberg K-Pos DP (OS) Dynamic Positioning System – Operator Manual**. Release 8.1.3, Rev. D. Kongsberg: Kongsberg, September 2013.

KONGSBERG MARITIME AS. **IMO DP Classification**. Disponível em: <<https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/D9479D5DB35FCA01C1256A4C004A876E?OpenDocument>>. Acesso em: 24 de Julho de 2017.

KONGSBERG MARITIME AS. Disponível em: <<https://www.km.kongsberg.com/ks/web/NOKBG0237.nsf/AllWeb/AFA3D0473C700E69C1256C4F003DB3C0?OpenDocument>>. Acesso em: 20 de Julho de 2017.

MARINE TECHNOLOGY SOCIETY DYNAMIC POSITIONING COMMITTEE. **History of DP**. Disponível em: <<http://dynamic-positioning.com/history-of-dp/>>. Acesso em: 08 de Agosto de 2017.

MARINE TECHNOLOGY SOCIETY DYNAMIC POSITIONING COMMITTEE. **DP Operations Guidance - Part 2 - Appendix 1 (MODUs)**. Ver. 2.0: April 2012.

MARKETS AND MARKETS RESEARCH PRIVATE LTD. **Dynamic Positioning System (DPS) Market by Subsystem (Power Systems, Thruster Systems, DP Control Systems, and Sensors), Application (Passenger Ship, Merchant Vessel, Offshore Vessel, and Naval Vessel), Equipment Type, and Region - Global Forecast to 2021**. Disponível em: <<http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/dynamic-positioning-systems-market-44881766.html>>. Acesso em: 08 de Agosto de 2017.

OBSERVATOR INSTRUMENTS BV. **OMC-160 Wind Speed & Direction Sensor Datasheet**. Version 052016. Ridderkerk: 2016.

OFFICER OF THE WATCH. **Blowout and Subsequent Fire on Offshore Platform – Investigation Report**. December 23rd, 2103. Disponível em: <<https://officerofthewatch.com/2013/12/23/blowout-and-subsequent-fire-on-offshore-platform-investigation-report/>>. Acesso em: 29 de Agosto de 2017.

VASSILIOU, M. S. **The A to Z of the Petroleum Industry**. Plymouth: The Scarecrow Press, Inc., 2009.

VERGARA, Silca. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2000.

BASCOM, Willard. **A Hole in The Bottom of The Sea – The Story of the Mohole Project**. 1. Ed. Garden City. New York: Doubleday & Company, 1961.

PATTISON, Ann. **Ultrasonic wind sensors or cup anemometers? That is the question**. California: Windpower Engineering & Development, 2010.