



TILT TEST ELETRÔNICO INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM PROVEITO DO CICLO DE ALINHAMENTO DAS ARMAS E SENSORES

FOTO: CASOP / Marinha do Brasil
Composição Fotográfica: 1ºSG Severiano

Capitão de Mar e Guerra (RM1) **CESAR AUGUSTO** PINTO CRUZ
Capitão de Fragata **ROMAR** PINTO VARGAS
Capitão de Fragata (RM1) **EDUARDO RAPOSO**
Capitão de Fragata (EN-RM1) **RUBENS** CARLOS OLIVEIRA SILVA
Capitão-Tenente **JOÃO RICARDO** DE SOUZA SANTOS DA SILVA
Oficiais do Centro de Apoio a Sistemas Operativos – CASOP

INTRODUÇÃO

O Centro de Apoio a Sistemas Operativos (CASOP) possui, entre suas atribuições, as tarefas de apoiar, supervisionar e assessorar as atividades de alinhamento e diagnose de avarias de Sistemas Operativos, bem como operar e manter os recursos operacionais destinados à aferição do desempenho e ao adestramento de meios. Assim, sendo responsável pela homologação do Ciclo de Alinhamento, contribui para o aprestamento dos meios operativos incorporados à Marinha do Brasil.

Todos os navios escoltas da Esquadra, para se apresentarem plenamente operativos, são submetidos a um Ciclo de Alinhamento que tem por finalidade realizar as aferições e os alinhamentos de armamentos e sensores.

O referido Ciclo é composto por três fases, sendo a primeira com o navio docado, a segunda no porto e a terceira sendo realizada no mar. Durante esse Ciclo, são executadas as atividades de verificação da inclinação das bases dos sensores

e armamentos, conhecida como *Tilt Test*, o alinhamento mecânico e o alinhamento elétrico desses equipamentos.

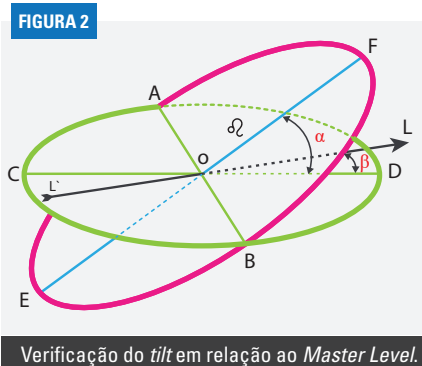
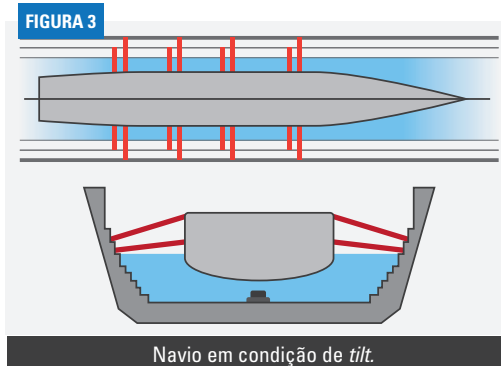
Mais especificamente, o *Tilt Test* consiste em realizar as medidas das inclinações das bases dos referidos sensores e armamentos em relação aos planos de referência do navio e calcular os valores de correção que anulem as diferenças de inclinações. Essas correções podem ser aplicadas diretamente nas instalações ou introduzidas no programa operacional do sistema de armas.

Inicialmente, o Tilt Test era realizado com a instalação de inclinômetros de bolha nas bases dos equipamentos e em um plano de referência (Figura 1), com a finalidade de avaliar a diferença angular entre as bases e esse plano comum (Figura 2).

A utilização desse tipo de equipamento exige condições especiais de docagem, com o uso de escoras (Figura 3) e a redução de trânsito a bordo considerando a realização da verificação no período noturno para reduzir influências



Inclinômetro de bolha.

Verificação do *tilt* em relação ao *Master Level*.Navio em condição de *tilt*.

externas, como as dilatações das chapas metálicas do navio por conta do calor diurno e as vibrações oriundas das movimentações a bordo que impactam no comportamento dos clinômetros durante as medições. Nessas condições, faz-se necessário realizar a leitura e o registro das variações da posição das bolhas de cada clinômetro instalado, gerando um dado para cada uma das 36 marcações relativas de um sensor ou armamento.

O PROJETO DO *TILT TEST* ELETRÔNICO

Nesse contexto, o CASOP vislumbrou a possibilidade de desenvolver um sistema que permitisse efetuar as leituras enfocadas no item anterior, utilizando sensores inclinômetros eletrônicos e um programa computacional capaz de ler e registrar os dados dos sensores em cada marcação, além de realizar os cálculos para obtenção dos valores de correção a serem inseridos no sistema de armas.

Para o desenvolvimento do Sistema de *Tilt Test* Eletrônico, foi estabelecido um projeto dividido em fases, a fim de possibilitar a obtenção de dados com uma qualidade superior ao inclinômetro de bolha, a partir de um inclinômetro eletrônico. Tais fases consistiram de Definição de Requisitos, Testes de Viabilidade, Pesquisa de Material, Prova de Conceito, Prototipagem, Desenvolvimento, Implantação e Homologação.

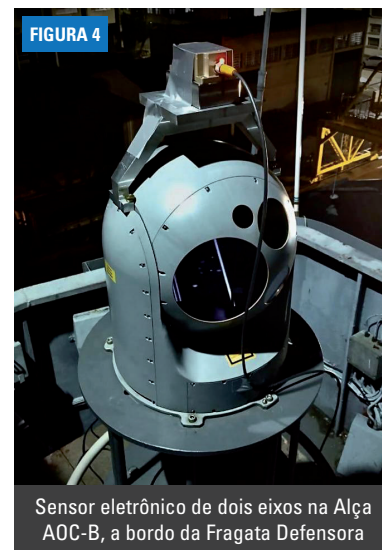
Na Definição de Requisitos, foram levantados os requisitos funcionais e não funcionais para o sistema, incluindo a possibilidade de melhoria na metodologia de obtenção dos valores de inclinação das bases – como a leitura desses valores com o navio atracado, de automatização do processo de verificação e produção de gráficos e valores de resposta.

Para atender os requisitos já definidos, foi vislumbrada a substituição dos inclinômetros de bolha por sensores inclinômetros eletrônicos comerciais, com as características necessárias para fornecimento dos dados conforme os Testes de Viabilidade.

Como recurso inicial, foram utilizados sensores inclinômetros de 1 eixo, em que dois desses inclinômetros eram

utilizados para medir a inclinação do plano da base de roletes de um equipamento. Com o avanço do desenvolvimento do projeto, o sensor de dois eixos (Figura 4) foi inserido como evolução técnica do sistema, passando a inclinação do plano a ser medida somente com um sensor.

Com o objetivo de verificar a viabilidade de obtenção dos valores de *tilt* com o navio flutuando, foram realizados Testes de Viabilidade por meio de simulações que comprovaram a possibilidade de se anular o balanço e o caturro do navio nas leituras dos sensores, evitando que essas componentes influenciassem no resultado do *Tilt Test*.

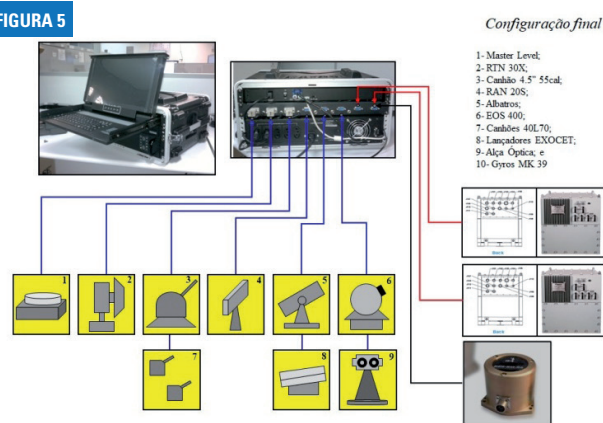


Sensor eletrônico de dois eixos na Alça AOC-B, a bordo da Fragata Defensora

Para a leitura e cálculo dos valores obtidos pelos sensores, foram desenvolvidas, ao longo do projeto, duas versões de software para o sistema. A versão inicial operou tanto com os sensores de um eixo, quanto com os de dois eixos e atendeu à fase de Prova de Conceito, estabelecendo modelagem matemática para o referido cálculo. Uma segunda versão foi desenvolvida para ampliar a capacidade de leitura de sensores pela unidade de processamento e seu respectivo software, a fim de melhorar a modelagem matemática inicial e simplificar a interface homem-máquina.

A fase de Desenvolvimento do *Tilt Test* Eletrônico ocorreu gradualmente à medida que o sistema foi sendo aperfeiçoado, no período de 2011 a 2020. Todos os resultados obtidos foram condensados em um Relatório Técnico específico, o qual foi encaminhado à Diretoria de Sistemas de Armas da Marinha (DSAM), que homologou o novo sistema para utilização na Marinha do Brasil.

FIGURA 5



Configuração do sistema *Tilt Test* Eletrônico

Descrição do Sistema

O Sistema de *Tilt Test* Eletrônico é composto por oito sensores inclinômetros de dois eixos ortogonais, visando à medição da inclinação das bases e uma Unidade de Processamento (UP) (Figura 5) que processa as leituras de 36 marcações relativas realizando o cálculo para obtenção dos valores de correções a serem inseridos no sistema de armas.

Os sensores inclinômetros eletrônicos possuem a finalidade de realizar as medições das variações angulares que ocorrem na base dos equipamentos de bordo para serem comparados com o plano de referência do *Master Level Datum* ou da Alça Optrônica, quando utilizada como fonte de referência no modo secundário. Sendo capaz de realizar leituras de oito sensores inclinômetros, simultaneamente, registram 3.000 dados/min por sensor e realizam cálculos simultâneos para esses dois tipos de referências – o sistema otimiza a leitura completa de todos os sensores e armamentos do navio.

Após tratamento estatístico dos dados obtidos pelos sensores, o sistema calcula o ponto alto de inclinação da base em relação a uma referência (Figura 6), gerando os dados de inserção no sistema de armas para a correção da deformação observada.

Vantagens e Ganhos do *Tilt Test* Eletrônico

Com o desenvolvimento dessa ferramenta e sua subsequente homologação, o processo de verificação do *Tilt Test* no Ciclo de Alinhamento foi otimizado, ainda que persista a necessidade de o navio entrar no dique, devido à sequência do Ciclo, para a realização do alinhamento mecânico.

Contudo, no novo sistema, os levantamentos são mais expeditos e precisos, o que diminui o tempo de docagem, trazendo-se em economia de recursos de alguns milhares de reais por dia. Além disso, a ferramenta possibilita também a verificação do *Tilt Test* com o navio atracado para efeito de acompanhamento de quaisquer deformações do casco ocorridas que possam impactar nos valores a serem inseridos no sistema de armas.

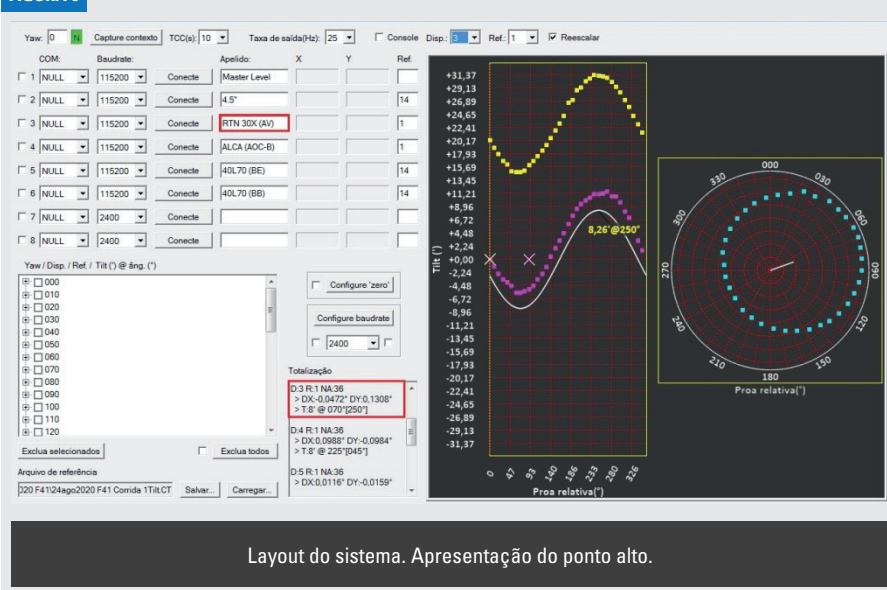
Perspectivas em relação ao Sistema

No Projeto do *Tilt Test* Eletrônico, há a perspectiva de utilizar o Sistema para verificar a verticalidade das agulhas giroscópicas e realizar a varredura do horizonte. Vislumbra-se que a verificação da verticalidade das agulhas giroscópicas poderá ser atendida por meio da medição do sensor eletrônico instalado no *Master Level* como referência e sua comparação com os valores de pitch e roll extraídos da agulha giroscópica. Esta funcionalidade está sendo estudada em conjunto pelo CASOP e pelo Centro de Manutenção de Sistemas (CMS), e

a implementação com o navio atracado possibilitará ao CMS inserir prévia de correções diretamente na agulha giroscópica, como preparação para a varredura do horizonte a ser realizada em alto mar, minimizando a quantidade de vezes que o navio necessita se deslocar para o oceano, trazendo significativa economia para a Marinha do Brasil.

Outra perspectiva de evolução do sistema diz respeito ao desenvolvimento de um horizonte artificial, possibilitando a realização da varredura do horizonte em condições meteorológicas desfavoráveis que degradem o horizonte real. Tal funcionalidade depende do desenvolvimento de um horizonte artificial em realidade aumentada.

FIGURA 6



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos na utilização do sistema de *Tilt Test* Eletrônico demonstraram capacidade maior de medição e precisão em relação à metodologia convencional, eliminando erros de paralaxe da inferência humana, reduzindo os custos de docagem pela redução no tempo de medições.

O Sistema dispensa a necessidade de docagem para efetuar o acompanhamento do comportamento mecânico das bases de roletes dos equipamentos ao longo da vida operativa de cada meio, avaliando as deformações de casco e suas consequências sobre essas bases de forma mais efetiva.

A implementação da verificação da verticalidade das agulhas giroscópicas no porto permitirá ao Sistema de *Tilt Test* Eletrônico reduzir a quantidade de deslocamentos dos navios para o mar, necessários de acordo com a metodologia atual, gerando economia de recursos relevante para a Marinha do Brasil.

O incremento dessa funcionalidade, somado ao desenvolvimento do horizonte artificial em realidade aumentada, gerará uma evolução considerável do sistema, induzindo à alteração de sua denominação para Sistema Eletrônico de Alinhamento e Medidas de Ângulos (SEAMA), que representará melhor as funcionalidades dessa inovação tecnológica desenvolvida pelo CASOP.

REFERÊNCIA:

MARINHA DO BRASIL. Centro de Apoio a Sistemas Operativos. **RT-10-02-0420R**: relatório para homologação do projeto de automação das medidas dos ângulos de tilt test. Niterói: CASOP, 2020.

MARINHA DO BRASIL. Diretoria de Sistemas de Armas da Marinha. **DSAM-PRC-TILT-409-338**: homologação do projeto de automação de medidas de ângulos de tilt test. Rio de Janeiro: DSAM, 2020.

MARINHA DO BRASIL. Instituto de Pesquisas da Marinha. **INSPEQ-REL-NAVIOS-097-001-00**: análise de resultados dos testes dos inclinômetros T7 do Centro de Apoio a Sistemas Operativos. Rio de Janeiro: IpqM, 2015.

MATHWORKS. Polyfit. **Help Center**, [s.l.], [201-?]. Disponível em: <https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/polyfit.html>. Acesso em: 25 out. 2019.

MATHWORKS. Polyval. **Help Center**, [s.l.], [201-?]. Disponível em: <https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/polyval.html>. Acesso em: 25 out. 2019.



PRÊMIO CONTATO 2020/2021 CNTM

PRIMEIRO
ESQUADRÃO DE
ESCOLTA



F43

F Liberal
1811 contatos

PRIMEIRO
ESQUADRÃO
DE APOIO



G23

NT Gastão Motta
11 contatos

ESQUADRÃO DE
HELICÓPTEROS



HELIAS

EsqHs-1
1 contato