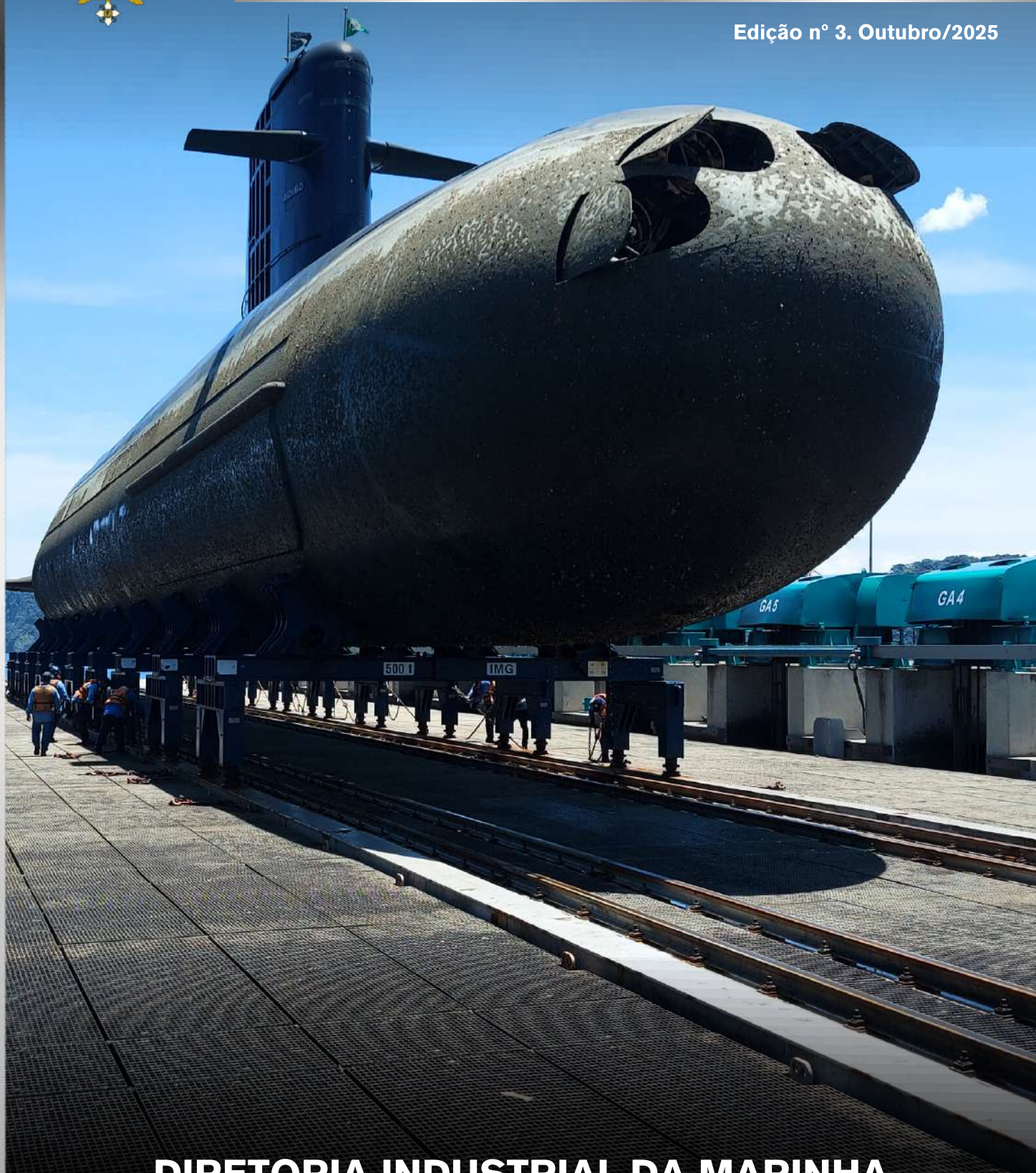




Revista

INDÚSTRIA NAVAL

Edição nº 3. Outubro/2025



DIRETORIA INDUSTRIAL DA MARINHA
Nação, Soberania e Indústria



Diretoria Industrial da Marinha

Complexo Naval da Ilha das Cobras (CNIC)
S/N, Edifício 11, 1º Andar, Centro Rio de Janeiro – RJ
CEP 20091-000

Diretor-Geral do Material da Marinha

EDGAR Luiz Siqueira Barbosa
Almirante de Esquadra

Diretor Industrial da Marinha

Alexander REIS LEITE
Vice-Almirante

Conselho Editorial

CMG (EN) DERVAL Sanches da Silva
CMG (EN) FERNANDO Alves Batalha
CMG (EN) SANDRO Melo Marques
CMG (RM1) Max CLEMENTE Junior
CF (EN) Fábio Rogério BORN Lopes
CF (EN) DANIEL Gustavo PONTES Silva
CF Maurício CÂMARA Texeira
CC Leandro Justino de ABREU

Revisão

CMG (RM1) Max CLEMENTE Junior
CC Leonardo FERREIRA de Souza
SCNS ANDRÉA Rodrigues Maia de Carvalho

Projeto Gráfico e Diagramação

SO-TE Gleidson VICENTE de Oliveira
2ºSG-MI JAQUELINE do Nascimento Araújo
2ºSG-ML Bárbara Rosa GAZZOLI Damaceno
3ºSG-DM MARIANA Pereira Ovídio
3ºSG-TE LEONAM Silva dos Santos

Colaboradores

1ºT(RM2-T) RAQUEL Pereira de Mesquita
1ºT(RM2-T) LUANA Marinho NOGUEIRA

Visite nosso site na Intranet

www.dim.mb

Acesse as versões anteriores em:

<https://dim.mb/content/revista-industria-naval>





Revista

Indústria Naval

Editorial

Sejam bem-vindos a bordo da terceira edição da Revista Indústria Naval, uma publicação que reafirma, a cada lançamento, o compromisso da Diretoria Industrial da Marinha (DIM) com a disseminação de conhecimentos técnico-industriais, inovações e boas práticas de gerenciamento de projetos no âmbito naval.

Nesta edição, os artigos e estudos aqui reunidos reforçam o papel da DIM como catalisadora do desenvolvimento tecnológico e da manutenção da capacidade operacional da Marinha do Brasil (MB). São conteúdos que despertam reflexão, estimulam a crítica construtiva e oferecem ideias que agregam valor às atividades de construção e manutenção naval sob nossa responsabilidade.

Entre os destaques, merece especial atenção o informativo sobre a criação do Estaleiro de Manutenção da Ilha da Madeira (EMIM) – nova Organização Militar destinada à manutenção dos sistemas de plataforma, em especial de submarinos, bem como ao apoio portuário dos meios navais atracados no Complexo Naval da Ilha da Madeira. O texto apresenta os modernos equipamentos empregados e destaca o potencial do EMIM para abrigar projetos voltados ao fortalecimento da Base Industrial de Defesa, contribuindo diretamente para o incremento do Poder Naval brasileiro.

O Centro de Manutenção de Sistemas da Marinha (CMS) também ocupa lugar de destaque, com dos artigos técnicos:

- “Desenvolvimento do módulo de teste de isolamento de cabos ‘PERSEU’ com conectores fabricados em impressora 3D”, que demonstra a inovação aplicada à inspeção de cabos elétricos de navios e submarinos, com ganhos em autonomia e redução de custos; e

- “Integração de agulha giroscópica MK-39 ao sistema de combate da Corveta “Barroso”, que apresenta uma solução de manutenção adaptativa para a continuidade operacional do navio diante da obsolescência de componentes.

Outro artigo relevante intitula-se “Construção dos Navios Patrulha – O desafio da retomada”, e descreve detalhadamente as etapas de construção dos NPa Maracanã e Mangaratiba, no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ). O texto explora os avanços no planejamento, a adoção de modelos de contratação por escopo e os ganhos decorrentes da aplicação da modelagem tridimensional – evidenciando o protagonismo do AMRJ nas atividades construtivas da Marinha.

No campo da Capacitação e gestão do conhecimento, destaca-se a dissertação “O papel da Escola Técnica do Arsenal de Marinha (ETAM) na implementação dos Cursos de Manutenção das Fragatas Classe Tamandaré”. O estudo apresenta a metodologia adotada para a assimilação e difusão dos novos conhecimentos associados aos sistemas embarcados, reafirmando o papel estratégico da ETAM como pilar de sustentação da prontidão tecnológica.

Em outra vertente, o artigo “Desafios e oportunidades do rateio de energia elétrica no Complexo Naval da Ilha das Cobras (CNIC)” apresenta uma metodologia de rateio de custos entre as diversas OM que compartilham a infraestrutura do complexo, contribuindo para maior eficiência na gestão energética das Organizações Militares Prestadoras de Serviços (OMPS), Distritos e Bases Navais.

Esta edição também contempla a produção acadêmica de militares e servidores da área industrial da MB, com sinopses de monografias elaboradas no Curso de Política e Estratégia Marítima (C-PEM), da Escola de Guerra Naval, e em instituições civis. Esses estudos oferecem uma visão de médio e longo prazo para os desafios da manutenção naval, com foco em estratégias para fortalecimento da capacidade industrial da Marinha.

Na seção de concurso de fotografias, belíssimas imagens ilustram o cotidiano das atividades Industriais nas OM subordinadas à DIM – como a docagem do NAM Atlântico no Dique Almirante Régis, aulas práticas da ETAM, integração de sistemas no CMS-Itaguaí, entre outros.

Por fim, reiteramos nossos agradecimentos a todos os que contribuíram para esta edição e convidamos os militares e civis da Marinha a compartilharem seus conhecimentos técnicos, boas práticas e experiências por meio de artigos ou registros fotográficos. A participação ativa da comunidade técnica fortalece a indústria naval de defesa e amplia a prontidão operativa dos meios navais da MB, garantido sua disponibilidade para atuar com eficácia nos mares e rios do Brasil.

Boa Leitura!

Vice-Almirante Alexander Reis Leite
Diretoria Industrial da Marinha
Nação, Soberania e Indústria!





Súmario

EDITORIAL Sejam bem-vindos a bordo da terceira edição da Revista Indústria Naval	03
	05 NOSSA CAPA O Estaleiro de Manutenção da Ilha da Madeira
CONCURSO REVISTA “INDÚSTRIA NAVAL” Fotografias Premiadas	07
	09 Artigo Premiado - Desenvolvimento do Módulo de Teste de Isolamento de Cabos “PERSEU” com conectores fabricados em impressora 3D
Artigo Premiado - O uso da união adesiva em substituição parcial ao processo de soldagem de eletrodo revestido em embarcações do tipo Navio Patrulha	16
	21 ARTIGOS INTERNOS Desafios e oportunidades do rateio de energia elétrica no CNIC
O papel da ETAM na capacitação à implementação dos cursos de manutenção das Fragatas Classe Tamandaré e suas contribuições para a gestão do conhecimento	26
	34 O Acordo de Cooperação Técnica firmado entre a Diretoria Industrial da Marinha e o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial em proveito da capacitação industrial na Marinha do Brasil e perspectivas
Integração de Agulha Giroscópica MK-39 ao sistema de combate da Corveta Barroso: uma solução embarcada para substituição da SIGMA-40	40
	45 Substituição do Sistema Lançador de Torpedos (SLT) da Corveta Barroso e integração com o Sistema de Gerenciamento de Combate (SGC) SICONTA MKIII: utilização de experiência pregressa na solução de um problema atual
Construção dos Navios Patrulha: o desafio da retomada	50
	57 Análise de vibração aplicada a manutenção preditiva de máquina-ferramenta rotativa CNC na Marinha do Brasil: uma abordagem para a Indústria Naval
Estudo de caso sobre caracterização e análise de ligas metálicas no AMRJ	64
	67 PRODUÇÃO ACADÊMICA Proposição de método de medição de valor agregado para utilização em projetos de manutenção e construção naval em um Estaleiro Militar
Navio Polar “Almirante Saldanha” Uma análise dos modelos de contratação Performance Based Logistic (PBL) e Contractor of Logistics Support (CLS) para a função logística manutenção	72





Nossa Capa

A foto da capa ilustra a docagem do Submarino Riachuelo pelo Ship Lift para o período de manutenção no Estaleiro de Manutenção da Ilha da Madeira.

O ESTALEIRO DE MANUTENÇÃO DA ILHA DA MADEIRA



Fonte: sinaval.org.br

O Estaleiro de Manutenção da Ilha da Madeira - EMIM, Organização Militar, subordinada à Diretoria Industrial da Marinha (DIM) tem como propósito gerenciar e executar as atividades de manutenção dos sistemas da plataforma de navios, em especial de submarinos, e prover facilidades portuárias aos meios navais, a fim de contribuir com os objetivos estratégicos da Marinha.

O Estaleiro, que foi ativado em 17 de março de 2025, está localizado na área leste do Complexo Naval de Itaguaí (CNI), na cidade de Itaguaí-RJ. A infraestrutura do EMIM abrange uma área de cerca de 11.000 m², composta por edifícios, oito oficinas e duas áreas administrativas. Em que pese o projeto da planta industrial ser desenhado para os Submarinos Classe Riachuelo (SCR), o estaleiro também está capacitado para realizar manutenção em outros navios e sistemas navais que compõem a esquadra brasileira. A projeção é de que o EMIM realizará desde reparos simples até manutenções mais complexas, garantindo que os meios navais da MB e equipamentos permaneçam sempre em perfeitas condições de uso. Ainda, expansões futuras serão consideradas conforme a demanda visto que também se observa o potencial de disponibilização da infraestrutura do Estaleiro para atendimento de maior número de meios de superfície, por meio da ampliação de seu portfólio e da versatilidade da sua infraestrutura industrial.

A localização da Ilha da Madeira é estratégica para a Marinha do Brasil, pois permite que se atenda às necessidades de manutenção das embarcações que operam na região Sudeste, área de grande importância para o País. Além disso, a proximidade da Base de Submarinos de Itaguaí da Ilha da Madeira, OM apoiadora do CNI, em paralelo com a inauguração de uma seção do Depósito de Sobressalentes da Marinha, facilita a logística e o transporte de peças e equipamentos necessários para a manutenção.

O EMIM conta com instalações modernas e equipadas com tecnologia de ponta, o que permite que o estaleiro realize manutenções complexas com rapidez e eficiência. A planta industrial é composta por 8 áreas de oficinas, destinadas aos serviços de apoio em equipamentos embarcados a bordo dos submarinos SCR, dedicando-se principalmente à limpeza, inspeção, trabalhos de montagem, reparação e requalificação para volta à conformidade para uso. Dentre os principais equipamentos, podemos citar: Equipamento de Teste de Cilindros pneumáticos dos sistemas de ar comprimido de alta pressão e de lastro de emergência; Centros de Usinagem completos com máquinas comandadas por principalmente à limpeza, inspeção, trabalhos de montagem, reparação e requalificação para volta à conformidade para uso. Dentre os principais equipamentos, podemos citar: Equipamento de Teste de Cilindros pneumáticos dos sistemas de ar comprimido de alta pressão e de lastro de emergência; Centros de Usinagem completos com máquinas comandadas por Controle Numérico Computadorizado, cujas dimensões somente são vistas em indústrias de grande porte; Estufa de Secagem a Vácuo, de projeto raro na América do Sul; Bancada de Testes para Bombas e Compressores, totalmente controladas a distância por painéis, projetadas para simular as condições da praça de máquinas dos SCR.

No que tange ao pessoal, a tripulação do Estaleiro será composta por 295 militares, em sua maioria especializados em funções de engenharia e manutenção naval cujas responsabilidades são de gerenciar e executar as atividades de manutenção dos meios navais. Para alcançar este numerário, foi realizado um guarnecimento gradual e faseado, que se encontra em pleno atendimento, o que proporciona o aprendizado paulatino das atividades de





manutenção realizadas pela empresa Itaguaí Construções Navais (ICN), atualmente contratada para execução dos períodos de manutenção dos SCR, além do recebimento dos treinamentos no maquinário da infraestrutura industrial. O avanço dos projetos de manutenção previstos no PROGEM, a serem executados pela ICN, somado ao atendimento do faseamento proposto, proporcionará o aumento dos índices de acompanhamento do processo de implantação do EMIM.

O prazo de ativação do Estaleiro permitiu que os militares movimentados em 2024 e 2025, vivenciassem as rotinas de manutenção a serem realizadas pela ICN, acumulando conhecimentos fundamentais para assumir tais

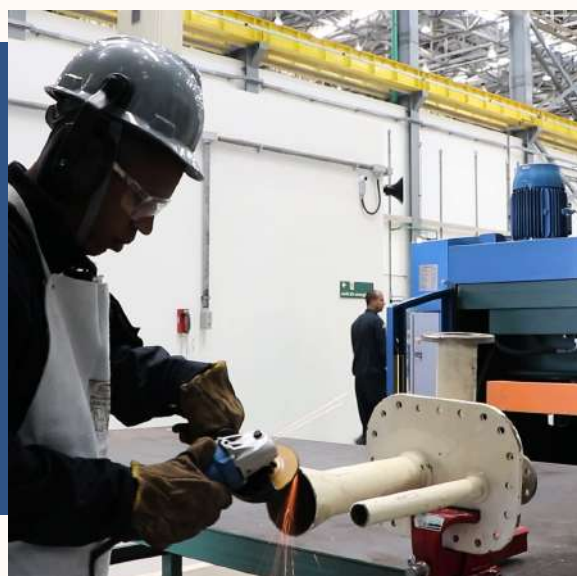
da Ilha da Madeira se qualifica para prestar apoio na manutenção dos Submarinos, o contrato será um importante instrumento na gestão do conhecimento e garantia da disponibilidade operacional dos meios.

Quanto aos desafios do EMIM, podemos destacar a necessidade de constante atualização tecnológica, a formação e retenção de pessoal especializado, além da garantia de integração eficiente com outras unidades da Marinha e parceiros industriais.

Neste sentido, o Estaleiro se integra ao planejamento estratégico da Marinha do Brasil, que visa modernizar a frota e os meios navais, além de fortalecer a capacidade de defesa do País. O EMIM é elemento fundamental



Fonte: EMIM



atribuições e reduzindo significativamente os futuros custos do PROGEM.

As tarefas atualmente desempenhadas envolvem o gerenciamento e fiscalização das manutenções contratadas a terceiros e execução de algumas rotinas de manutenção dos submarinos sediados no CNI, além da execução da manutenção e preservação da infraestrutura e maquinários orgânicos. O estaleiro encontra-se em fase de adestramento e qualificação do seu corpo técnico e tem, dentre as principais linhas de ação, um contrato de capacitação industrial firmado com o SENAI-Itaguaí, que trará benefícios na formação e especialização de nosso pessoal no uso de 24 equipamentos existentes. As ementas dos cursos foram feitas com exclusividade para o EMIM e as aulas teóricas e práticas serão realizadas in loco.

Até o presente momento, a fiscalização do EMIM acompanhou quatro Períodos de Manutenção Atracado (PMA) executados pela empresa ICN: PMA-1, PMA-2, PMA-3 e PMA-4 do SRIachuelo e PMA-1 e PMA-2 do SHumaitá, permitindo uma comparação entre os cartões de manutenção (MRC) e o serviço efetivamente realizado, contribuindo para o adestramento da tripulação.

Em 05 de fevereiro de 2025, foi celebrado, entre a DIM e a Itaguaí Construções Navais S.A. (ICN S.A.) o Contrato de Assistência em Serviço (ISS-25) para execução da manutenção dos SCR, englobando 3 (três) Períodos de Manutenção Atracado (PMA) do SHumaitá, além do primeiro Período de Docagem de Rotina (PDR-1) do SRIachuelo, todos no corrente ano. O contrato também contempla a possibilidade da realização de serviços de manutenção corretiva e a prestação de apoio industrial, ambos sob demanda. Enquanto o Estaleiro de Manutenção

nesse planejamento, pois garante a disponibilidade e a confiabilidade desses meios, que são essenciais para a proteção dos interesses marítimos do Brasil.

Em suma, a atuação do estaleiro visa não apenas à manutenção da infraestrutura existente, mas também à melhoria contínua dos serviços prestados, garantindo a prontidão e a eficácia das operações navais. Ao contribuir para o fortalecimento da defesa e a segurança do País, o EMIM exerce um papel crucial na manutenção dos meios navais da MB, contribuindo para a soberania nacional, por alinhar suas atividades industriais aos objetivos estratégicos da Marinha do Brasil.



Fonte: EMIM





Concurso Revista “Indústria Naval”

A Diretoria da Marinha promoveu o 3º Concurso da Revista “Indústria Naval” em 2025, com o propósito de incentivar Militares (Oficiais e Praças) e Servidores Cíveis da MB a produzir fotografias e artigos que verssem sobre as principais atividades desenvolvidas nas Organizações Militares Prestadoras de Serviços Industriais/Especiais (OMPS-I/E), bem como sobre assuntos técnicos afetos às atividades industriais. Seguem-se as fotografias e artigos premiados.



FOTOGRAFIAS PREMIADAS



PRIMEIRO COLOCADO
CT (EN) IGOR DE MOURA NEGRÃO (CMS)

“Integração do Sistema Lançador de Torpedo com
o SICONTA MKIII a bordo da Corveta Barroso”





Concurso Revista “Indústria Naval”



SEGUNDO COLOCADO
2º TEN (RM2-EN) IGOR JOSÉ GUIMARÃES (EMIM)

“Docagem do Submarino Riachuelo pelo Ship Lift,
para o período de manutenção do Estaleiro de
Manutenção da Ilha da Madeira”





Concurso Revista “Indústria Naval”

DESENVOLVIMENTO DO MÓDULO DE TESTE DE ISOLAMENTO DE CABOS “PERSEU” COM CONECTORES FABRICADOS EM IMPRESSORA 3D



RESUMO

Para os meios navais em que os cabos elétricos estão expostos à água do mar, avaliar a resistência de isolamento é de fundamental importância para o funcionamento adequado dos sistemas eletrônicos que constituem o sistema de combate. Assim, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um módulo de teste de isolamento de cabos denominado PERSEU. Este módulo otimiza a realização dos testes de resistência de isolamento em cabos elétricos aplicados nos meios navais de diferentes tipos e espessuras, tornando-se uma ferramenta versátil e acessível para a realização de manutenções de rotina. Para a utilização do módulo nos cabos do sistema SONAR dos Submarinos Classe Riachuelo foi desenvolvido um conector de teste similar ao original, fabricado com impressão 3D.

Para os meios navais em que os cabos elétricos estão expostos à água do mar, avaliar a resistência de isolamento é de fundamental importância para o funcionamento adequado dos sistemas eletrônicos que constituem o sistema de combate. Assim, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um módulo de teste de isolamento de cabos denominado PERSEU. Este módulo otimiza a realização dos testes de resistência de isolamento em cabos elétricos aplicados nos meios navais de diferentes tipos e espessuras, tornando-se uma ferramenta versátil e acessível para a realização de manutenções de rotina. Para a utilização do módulo nos cabos do sistema SONAR dos Submarinos Classe Riachuelo foi desenvolvido um conector de teste similar ao original, fabricado com impressão 3D. Os resultados indicam que a utilização do módulo de teste PERSEU contribui para o aumento da precisão e confiabilidade dos testes, além de proporcionar uma redução de tempo de aproximadamente 90% e consequente diminuição de custos durante a realização das manutenções, apresentando-se como uma solução eficaz para os mantenedores dos meios navais. Adicionalmente, o PERSEU simplifica o processo de teste, elimina a necessidade de desconexão individual das vias, oferece indicação visual de falhas através de LEDs e promove o desenvolvimento de soluções tecnológicas com a impressão 3D do conector, reduzindo a dependência de fornecedores externos.

Palavras-chave: Resistência de Isolamento, Módulo de Teste, Cabos Elétricos, Manutenção.

1.INTRODUÇÃO

O Programa de Submarinos (PROSUB) representa um significativo avanço tecnológico para o Brasil com a produção de quatro submarinos convencionais (Classe Riachuelo) e a fabricação do primeiro submarino brasileiro com propulsão nuclear (JUDICE, 2020). Atualmente, dois



Figura 1 - Ferramenta Improvisada “Meduza”

Fonte: Autor

dos quatro submarinos da Classe Riachuelo estão em operação, os Submarinos Riachuelo (S-40) e Humaitá (S-41). Os submarinos convencionais possuem períodos definidos de manutenção preventiva, detalhados como: Período de Manutenção Atracado (PMA), Período de Docagem de Rotina (PDR) e Período de Manutenção Geral (PMG).

Durante as manutenções programadas, são realizadas diversas rotinas de testes nos sistemas dos submarinos, incluindo o teste de isolamento de cabos elétricos. Esse teste requer uma aplicação considerável de mão de obra, por se tratar de um teste realizado em cabos de diversos tipos e com diferentes quantidades de vias. O teste de isolamento é realizado aplicando tensão com um megômetro entre combinações específicas de condutores do cabo, e o valor de resistência resultante é comparado a



um limite predefinido de resistência de isolamento. Isto, associado à quantidade de cabos que o navio possui, eleva significativamente o tempo gasto na execução dessas rotinas de manutenção. Para tornar o teste eficiente, é comum utilizar, nos submarinos da classe Riachuelo, uma ferramenta improvisada, chamada de MEDUSA (figura 1), para a execução do teste de resistência de isolamento. A ferramenta é composta por um conjunto de fios interligados em uma ponta e terminais em outra, onde o operador conecta o cabo fio por fio, de forma manual.

2 OBJETIVO

Diante da elevada quantidade de rotinas de teste de isolamento dos cabos dos submarinos classe Riachuelo, surgiu o projeto para o desenvolvimento de um módulo de teste que otimiza estas rotinas. O módulo foi nomeado PERSEU, em analogia a mitologia grega, por se tratar de uma melhoria da ferramenta MEDUSA. Este projeto resultou também no desenvolvimento de conectores construídos a partir de impressora 3D, utilizados para melhorar a qualidade da conexão com o cabo a ser testado.

Este artigo foi estruturado em seções que acompanham o seu desenvolvimento: inicialmente, a seção de Metodologia detalha o projeto do módulo PERSEU e dos conectores associados. Em seguida, a seção de Resultados quantifica os benefícios do projeto nas manutenções dos submarinos da Classe Riachuelo. Finalmente, a seção de Conclusão oferece uma discussão abrangente sobre o trabalho e sua importância para o desenvolvimento tecnológico e a manutenção na Marinha do Brasil.

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento desta seção está estruturado em duas subseções distintas: a primeira, intitulada “3.1 Módulo PERSEU”, detalha o projeto e o processo de construção do módulo de teste desenvolvido; a segunda, denominada “3.2 Conector”, apresenta o processo de desenvolvimento e fabricação dos conectores utilizando a tecnologia de impressão 3D.

3.1 Módulo PERSEU

Devido à complexidade da utilização da MEDUSA, a Oficina 41.2 – Divisão de Sistemas Abaixo D'água do Centro de Manutenção de Sistemas da Marinha em Itaguaí-RJ idealizou o projeto do módulo de testagem PERSEU, que é ilustrado na Figura 2(a), com o objetivo de otimizar o teste de resistência de isolamento. O módulo PERSEU integra 12 chaves liga/desliga conectadas em série com LEDs e resistores, protegendo os LEDs contra sobrecorrente durante o teste. Inicialmente projetado para cabos de até 12 vias, comuns no sistema de combate, a capacidade do módulo pode ser expandida para atender cabos com maior número de condutores. A intercambialidade desses conectores permite adaptar o módulo a diversos tipos de cabos presentes nos submarinos da Classe Riachuelo e em outros meios navais. A Figura 2(b) apresenta a conexão dos elementos necessários para a realização do teste de resistência de isolamento: megômetro, PERSEU e cabo.

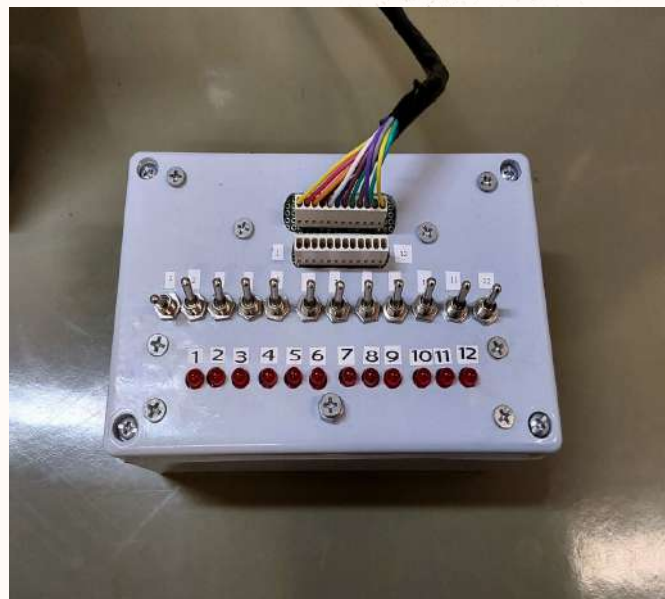


Figura 2(B) - Megômetro, PERSEU e Cabo
Fonte: Autor





Adicionalmente, as chaves liga/desliga presentes no módulo PERSEU têm a função de isolar a via a ser testada sem a necessidade de desconexão, procedimento que era realizado com a ferramenta MEDUSA. Essa funcionalidade agiliza o processo, especialmente em áreas com espaço limitado entre as vias. Os LEDs foram adicionados aos módulos de teste para indicar com precisão quais vias podem apresentar baixa resistência de isolamento, facilitando a identificação visual de curtos entre vias, principalmente em cabos com muitas conexões, o que torna a operação do módulo mais simples e intuitiva. O curto, decorrente da baixa resistência de isolamento, pode ser observado tanto pelo valor de resistência apresentado na tela do megômetro quanto pelo acendimento dos LEDs, cuja luminosidade varia conforme o valor da resistência de isolamento o que facilita a realização procedimento pelo operador.

A fim de explicitar melhor o funcionamento do módulo Perseu, o diagrama elétrico é apresentado na Figura 3. Observa-se no conector a presença das vias do cabo (12 vias), cada uma diretamente conectada a uma chave numerada de 01 a 12. Entre o conector e as chaves, a representação em pontilhado simboliza o barramento positivo (+), onde é conectado o terminal positivo do megômetro. Seguindo o circuito, em série com as chaves, existem resistores de 10 k Ω conectados ao ânodo (positivo) dos LEDs. Devido à polaridade desse dispositivo eletrônico, o cátodo (negativo) dos LEDs é conectado a um ponto comum, simbolizado no diagrama pelo sinal negativo (-). Este ponto é o terminal negativo do módulo, onde se conecta diretamente o terminal negativo do megômetro.

O princípio de funcionamento do módulo Perseu para a realização do teste de resistência de isolamento é executado seguindo os seguintes passos: primeiramente, o cabo é desconectado em ambas as pontas; em seguida, o conector do cabo e o terminal negativo do megômetro é conectado ao terminal negativo do módulo; a chave referente à via a ser testada é aberta, enquanto as demais que não serão testadas permanecem fechadas; a ponteira positiva do megômetro é então conectada à via a ser testada por meio do barramento presente no módulo; aplica-se a tensão e verifica-se o valor de resistência na tela do megômetro, observando também se algum dos LEDs acende. Quando há baixa resistência de isolamento, o megômetro apresentará um valor baixo (< 10 M Ω), e o(s) LED(s) correspondente(s) se acenderá(ão), indicando visualmente entre quais vias do cabo existe a baixa resistência de isolamento.

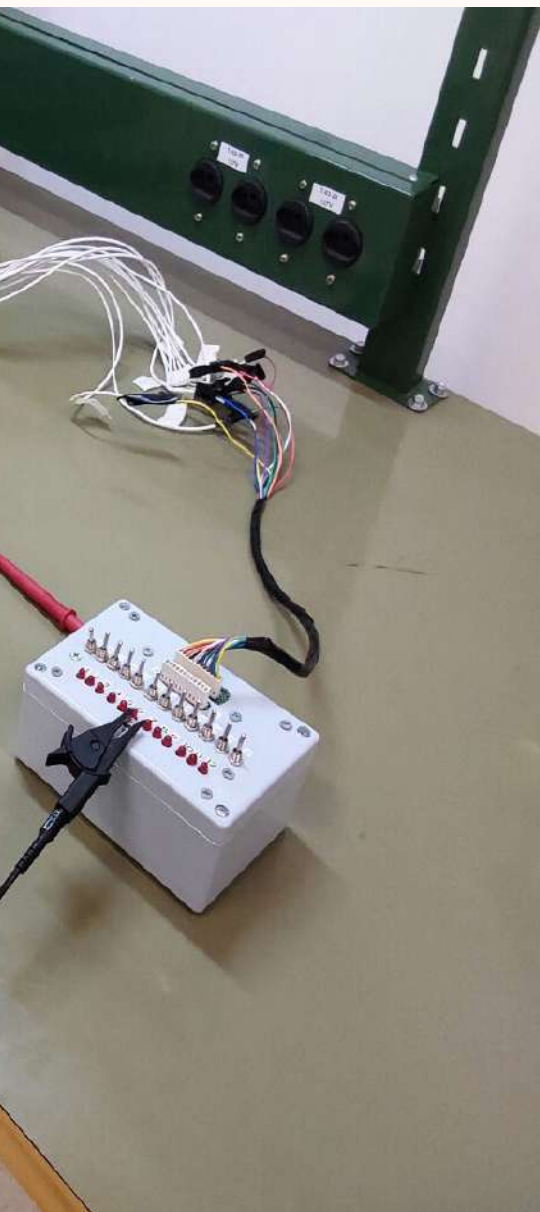


Figura 2(A) - Módulo de Testagem PERSEU
Fonte: Autor

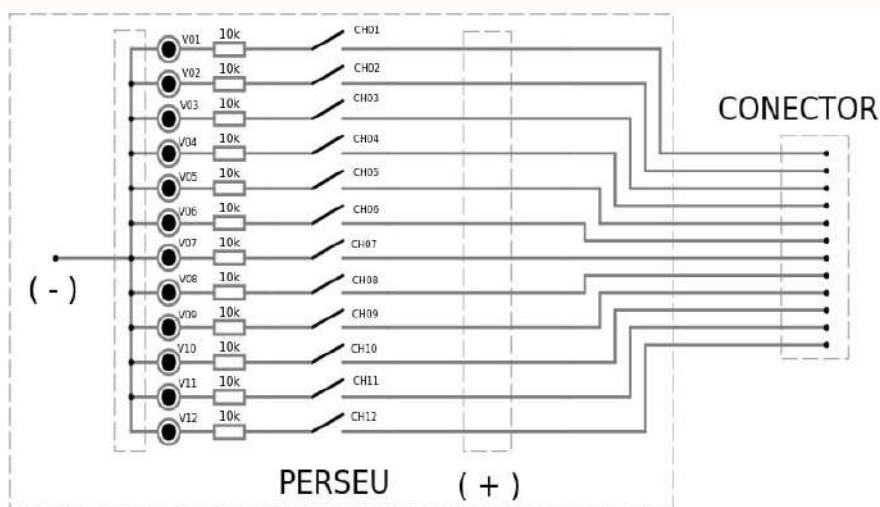


Figura 3 - Conector com 12 Vias do Cabo
Fonte: Autor



3.2 Conector

Para otimizar a conexão do módulo PERSEU aos cabos sob teste, desenvolveu-se, por meio de uma ferramenta CAD online (ONSHAPE, 2025) e impressão 3D, um conector destinado à realização de teste de isolamento de cabos. É importante destacar que este conector produzido deverá ser utilizado apenas para testes, pois não atende aos requisitos de robustez para emprego operativo. Essa abordagem eliminou a necessidade de adquirir o conector original, que possui alto custo e disponibilidade restrita à importação.

Os conectores são modelados priorizando o aspecto funcional da medição, especialmente a geometria da posição dos terminais e as chavetas de indexação para que a orientação da medição seja fixa, conforme apresentado na Figura 4(a). Os terminais a serem utilizados são do tipo “estampado”, compatíveis com os conectores testados e disponíveis no mercado por serem utilizados na montagem de conectores automotivos, marítimos e industriais, conforme ilustrado na Figura 4(b). A Figura 4(c) ilustra a impressão 3D do conector de teste onde os terminais são fixados e a peça é preenchida com resina epóxi para conferir rigidez.

A Figura 5 apresenta o conector montado com os terminais, no qual foi aplicada resina epóxi entre os condutores a fim de melhorar a resistência mecânica da peça, obtendo-se assim o produto final.

Com o conector finalizado, ele poderá então ser utilizado nos testes de isolamento, garantindo a conexão adequada entre o equipamento de medição e os terminais a serem testados.



Figura 4(A), 4(B) e 4(C)
Fonte: Autor

4 RESULTADOS

Desenvolvido o módulo PERSEU, juntamente com o conector de 12 vias para a realização do teste de resistência de isolamento do sistema de sonar, esta ferramenta foi testada na prática para avaliar os aspectos relacionados ao projeto e sua eficiência durante as rotinas de manutenção preditiva, realizadas por militares. A Figura 6 apresenta o teste de resistência de isolamento utilizando o módulo PERSEU em um dos cabos do sistema de Sonar, procedimento que segue as etapas descritas na seção de metodologia. Neste teste, para evidenciar o funcionamento do módulo, simulou-se uma baixa resistência de isolamento entre as vias 1 e 2 do cabo, criando um curto-circuito na outra extremidade. Dessa forma, observou-se a indicação de resistência de 0 Ω no megômetro, além do acendimento do LED correspondente à via 2 do módulo, indicando o par de vias em curto-circuito. Vale ressaltar que, caso houvesse outras vias em curto com a via 1, outros LEDs também estariam acesos.



Figura 4(A), 4(B) e 4(C)
Fonte: Autor



A Figura 7 ilustra a simulação (FALSTAD, 2025) do teste de resistência de isolamento apresentado na Figura 6. A simulação reproduz os elementos do teste real: Módulo PERSEU, megômetro, conector (12 vias), cabo EXT. LEAD (sistema de sonar) e o curto-circuito entre as vias 01 e 02, que simula a baixa resistência de isolamento. Na simulação, o megômetro é representado como uma fonte de tensão que gera a diferença de potencial utilizada para medir a resistência de isolamento. No teste exemplificado, considera-se a via 01 em relação às demais: a chave 01 do módulo permanece aberta, enquanto as das outras vias estão fechadas. Ao aplicar a tensão, o LED correspondente às vias com baixa resistência de isolamento acende. Na simulação, observa-se o caminho da corrente elétrica (em verde), resultante da baixa resistência de isolamento.



Figura 6
Fonte: Autor

A fim de quantificar os resultados obtidos com o módulo de teste PERSEU realizou-se uma estimativa média dos cabos pelos quais cada oficina do CMS-40 (Itaguai) é responsável por testar a resistência de isolamento. O tempo médio gasto utilizando a ferramenta MEDUSA é de aproximadamente 30 minutos por cabo com 12 vias (condutores), enquanto o tempo médio aproximado para este mesmo cabo com o módulo de teste PERSEU é de 3 minutos. A Tabela 1 apresenta uma estimativa comparativa da utilização dessas duas ferramentas, considerando as rotinas de manutenção preventiva de teste de resistência de isolamento que devem ser realizadas durante o Período de Docagem de Rotina (PDR) do Riachuelo.

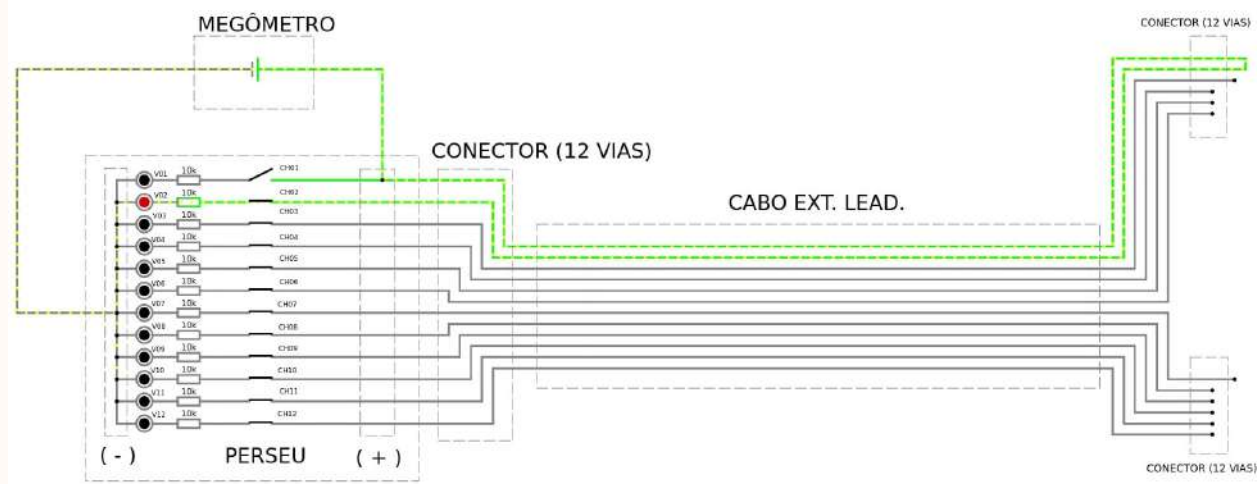


Figura 7
Fonte: AUTOR

O PDR foi selecionado por possuir um elevado quantitativo de cabos a serem testados, e para esta estimativa, considerou-se uma aproximação média de 12 vias por cabo, uma vez que o cabo de 12 vias existe em maior quantidade para este período em análise.



Tabela 1: Comparativo do Tempo Gasto para a Realização do Teste de Resistência de Isolamento nos Cabos, Ferramenta MEDUSA vs. Módulo de Teste PERSEU.

OFICINA	Quantidade Média de Cabos (testes)	MEDUSA: ~30 min/teste (tempo total em minutos)	Módulo PERSEU: ~3 min/teste (tempo total em minutos)
41.1	20	600	60
41.2	100	3000	300
41.3	7	210	21
41.4	24	720	72
41.5	12	360	36
TOTAL	163	4890 min ~ 10,5 dias	489 minutos ~ 1 dia

Baseado na Tabela 1, o tempo total estimado para todas as manutenções de todas as oficinas foi aproximadamente 10 vezes menor utilizando o módulo de teste PERSEU. O tempo total de realização caiu de 4890 minutos (10,5 dias de trabalho) utilizando a ferramenta MEDUSA para 489 minutos (aproximadamente 1 dia de trabalho) com o módulo de teste PERSEU, representando uma redução de tempo de aproximadamente 90%, considerando que os cabos estejam desconectados em ambas as pontas e considerando 8 horas diárias.

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do módulo de teste PERSEU representou um avanço significativo para as rotinas de manutenção preditiva do teste de resistência de isolamento dos cabos do sistema de combate dos submarinos da classe Riachuelo. Dentre os benefícios observados, destacam-se:

uma redução significativa no tempo de teste, diminuindo de aproximadamente 30 minutos com a ferramenta MEDUSA para apenas 3 minutos com o módulo PERSEU, o que corresponde a uma economia de tempo de dez vezes; e um aumento da eficiência operacional, resultante da simplificação do processo e da consequente economia de custos de manutenção e de recursos humanos. A eficiência obtida com o módulo PERSEU em conjunto com os conectores fabricados na impressora 3D serviu como referência para um trabalho futuro, em que o processo de teste de isolamento será automatizado. Neste trabalho, está prevista a utilização do megômetro de bancada Hioki SM7110, cujas medições serão controladas remotamente com uma placa controladora Raspberry Pi. Além disso, o sistema terá a capacidade de registrar os resultados obtidos nos testes de resistência de isolamento, possibilitando o monitoramento destes resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FALSTAD. Circuit. Disponível em: <https://falstad.com/circuit/>. Acesso em: 10 abr. 2025.

JUDICE, Luciano Ponce Carvalho. Plano Estratégico da Marinha (PEM 2040). Revista marítima brasileira, v. 140, n. 10/12, p. 7-30, 2020.

ONSHAPE. Disponível em: <http://www.onshape.com/en>. Acesso em: 10 abr. 2025.





AUTORES



Primeiro-Tenente (EN) Andre Luiz ALMEIDA Silva

Formado em Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Doutor em Engenharia de Telecomunicações, com ênfase em Sistemas de Posicionamento Global, pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Encarregado da Seção de SNMS, ECHO e UWT do Centro de Manutenção de Sistemas da Marinha - Superintendência de Sistemas em Itaguaí.



Primeiro-Tenente (EN) Fernando José de Souza MAGALHÃES

Formado em Engenharia de Telecomunicações pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas). Mestre em Engenharia Elétrica, com ênfase em Antenas e Propagação, pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Encarregado da Seção de Equipamentos do Centro de Manutenção de Sistemas da Marinha - Superintendência de Sistemas em Itaguaí.



Segundo-Sargento (EO) ALESSANDRO da Silva Ferreira

Técnico em Eletrônica pela Fundação de Apoio à Escola Técnica (FAETEC) e Técnico em Automação pela Escola Técnica Electra. Supervisor da Seção de Equipamentos Sonar e Transdutores do Centro de Manutenção de Sistemas da Marinha - Superintendência de Sistemas em Itaguaí.





Concurso Revista “Indústria Naval”

O USO DA UNIÃO ADESIVA EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AO PROCESSO DE SOLDAGEM DE ELETRODO REVESTIDO EM EMBARCAÇÕES DO TIPO NAVIO PATRULHA



Navio Patrulha Oceânico “Apa” (NPaOc Apa)
Fonte: Marinha do Brasil

RESUMO

Soldagem é o processo de união das peças metálicas, no qual há um aquecimento entre as superfícies de contato, de modo a levá-las a um estado de fusão ou de plasticidade. A partir dos casos de deformações presentes nos conveses e nas anteparas de embarcações do tipo Navio-Patrulha causados por processos de soldagem de eletrodo revestido, tornou-se necessária a preocupação em eliminar tensões residuais e/ou corrigir os empenos. Para isso, foram estabelecidos procedimentos técnicos e operacionais para corrigir estas deformações. Nesse caso, levando-se em consideração o processo de união adesiva, também conhecido como soldagem a frio, este poderia ser utilizado na solução de problemas complexos de reparos inesperados quando o navio estiver navegando,

como também na substituição parcial do material depositado, além de permitir um aumento no deslocamento.

Palavras-chave: Soldagem; Deformações; União Adesiva

1. INTRODUÇÃO

Devido à necessidade de transportar grandes quantidades de carga de um local para o outro, a um custo baixo e de maneira rápida, o ser humano percebeu a potencialidade do mar, surgindo assim, os primeiros navios em 5.000 a. C.

Durante séculos houve evoluções dos navios marcadas pelo advento do cesto de gávea e dos castelos de proa e de popa, ambos desenvolvidos no decorrer do esforço militar.





O Navio-Patrolha 500 toneladas é um dos tipos de navio de guerra de pequena dimensão (54,20 m de comprimento total e 8,00 m de boca moldada) e com baixo poder de fogo, utilizado essencialmente como lanchar de fiscalização, vedetas, escoltas costeiras, navios de defesa de porto ou canhoeriras, relacionadas prioritariamente às atividades afetadas à Inspeção Naval, bem como no controle de área marítima restrita, na segurança das instalações costeiras e de plataformas de exploração/exploração de petróleo.

Normalmente na construção do casco utiliza-se o aço carbono contendo de 0,15 a 0,23% de carbono, com um alto teor de manganês, sendo o enxofre e o fósforo mantidos a um percentual mínimo (menos que 0,05%). As concentrações mais elevadas de ambos são prejudiciais para as propriedades de soldagem de aço e, fissuras podem desenvolver-se durante o processo de laminação, se o teor de enxofre é elevado.

Os aços estruturais aplicados na construção naval apresentam baixo custo, resistência mecânica satisfatória, boa ductilidade, soldabilidade e relação adequada entre resistência e peso. Quando se desejar melhorar a resistência à corrosão, introduzem-se pequenas quantidades de cobre (cerca de 0,25%).

De acordo com a Especificação de Aquisição do Projeto Básico – Navio-Patrolha 500 toneladas – são utilizadas, para o casco, chapas de aço ASTM A131, grau A, ou ASTM A-36, ou equivalente. O aço ASTM A131, grau A, apresenta boa soldabilidade e média resistência, aplicado na construção naval. São considerados chapas grossas, de aço carbono, laminados nas espessuras de 6,00 até 10,00 mm, com larguras que podem variar de 900 até 3900 mm e comprimentos de 2400 até 18000 mm. Já o aço ASTM A-36 apresenta boa soldabilidade, aplicados em componentes estruturais de média resistência, como caçambas, estruturas metálicas e torres de transmissão. Prescreve, basicamente, a composição química formada por elementos com percentual de carbono, manganês, fósforo, enxofre, silício e cobre, e propriedades mecânicas como limite de escoamento, limite de resistência e alongamento iguais às do aço.

Sabendo que a estrutura do navio é projetada para operar normalmente na condição de carregamento mais desfavorável quando submetida aos esforços decorrentes dos movimentos e acelerações correspondentes às condições de estado do mar e dos ventos, deve-se ter atenção ao processo de soldagem realizado no início da fase de construção.

Durante o processo de soldagem por eletrodo revestido, a estrutura do metal, devido à mudança brusca de temperatura, gera distorções em algumas áreas e, durante o resfriamento, as contrações do cordão de solda produzem tensões térmicas. Dessa forma, devido o aumento e a diminuição das temperaturas, há alterações dimensionais no chapeamento trabalhado. Ao se tratar desse processo, é importante ressaltar a necessidade de se utilizar eletrodos de baixo teor de hidrogênio para a soldagem do chapeamento e dos conveses resistentes onde, nas juntas de topo, deverão ser providos meios para manter as partes a serem soldadas em posição e alinhamento correto durante a operação de soldagem, sendo inaceitável os desalinhamentos superiores a

30% da espessura da chapa mais fina da junta ou 3 mm, o que for menor. Por outro lado, com objetivo de minimizar os efeitos de empenamento, por exemplo, causados pelo processo de soldagem de eletrodo revestido, o uso da união adesiva seria o procedimento mais indicado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Soldagem é o processo de união das peças metálicas, no qual há um aquecimento entre as superfícies de contato, de modo a levá-las a um estado de fusão ou de plasticidade.

A ação de aproximação e aquecimento, plasticidade ou fusão parcial, leva a um fenômeno de difusão na solda soldada (Figura 1), resultando na junta (solda), que se caracteriza por sua resistência e que se torna perfeitamente coesa depois que o material resfria.

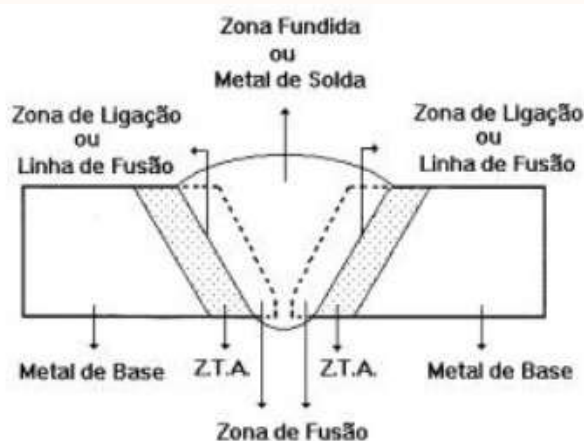


Figura 1

2.1 Processo de Soldagem por Eletrodo Revestido

A soldagem com eletrodos revestidos é definida como um processo de soldagem com arco, onde a união é produzida pelo calor de arco criado entre um eletrodo revestido e a peça a soldar.

O eletrodo revestido consiste de uma vareta, chamada "alma", trefilada ou fundida, que conduz a corrente elétrica e fornece metal de adição para enchimento da junta.

A alma é recoberta por uma mistura de diferentes materiais, numa camada que forma o revestimento do eletrodo. Este revestimento tem diversas funções na soldagem, principalmente:

- estabilizar o arco elétrico;
- ajustar a composição química do cordão, pela adição de elementos de liga e eliminação de impurezas;
- proteger a poça de fusão e o metal de solda contra contaminação pela atmosfera, através da geração de gases e de uma camada de escória; e
- conferir características operacionais, mecânicas e metalúrgicas ao eletrodo e à solda.

Quando comparada com outros processos, particularmente com a soldagem com eletrodo consumível e proteção gasosa e com soldagem com arco submerso, a soldagem com eletrodos revestidos apresenta como principal limitação uma baixa produtividade, tanto em termos de taxa de deposição (entre 1,0 e 2,55 kg/h para



eletrodos de carbono), como em termos do fator de ocupação do soldador (porcentagem total do tempo de soldagem com o arco de soldagem em operação), mesmo sendo considerado o mais usual na construção de navios.

A soldagem manual pode ser usada em grande número de materiais, como aços carbono, aços de baixa, média e alta liga, aços inoxidáveis, ferros fundidos, alumínio, cobre e níquel.

A Tabela 1 mostra as faixas de espessura de aço comumente soldadas com eletrodos revestidos. Para espessuras inferiores a 2 mm, o material é facilmente perfurado pelo calor do arco, em caso de manipulação indevida e para espessuras muito grandes, a baixa produtividade do processo é o principal fato limitante. Assim, a soldagem com eletrodos revestidos é mais usada para espessuras entre 3 e 40 mm, em aços.

Técnica de soldagem para aço	Faixa de espessuras (mm)
Um passe, sem preparação	1,0 a 3,2
Um passe, com preparação	3,2 a 6,4
Vários passes	acima de 3,2
Filete - passe único	1,5 a 7

Tabela 1 – Faixas Típicas de Espessuras para Utilização da Soldagem com Eletrodos Revestidos

Fontes: MARQUES, Paulo Villani. Soldagem: Fundamentos e Tecnologia

2.2 União Adesiva

O processo de união adesiva, também conhecido como soldagem a frio, há o uso de um adesivo para unir duas ou mais peças, sem o uso de calor, resultando na ausência de deformações quando comparado à temperatura proveniente do processo de soldagem por eletrodo revestido. Importante mencionar que o uso da união adesiva de metal não substitui, por completo, o processo de soldagem, sendo usada como processo de união adicional.

De forma geral, como todo processo de união de materiais, há vantagens e limitações:

a) Vantagens:

- Distribuição uniforme das tensões perpendiculares à direção da carga;
- A estrutura do material não sofre influências térmicas;
- Possibilita a união de diferentes materiais;
- Possibilita a união de materiais de espessura muito finas;
- Redução do peso; e
- Diminuição das altas oscilações.

b) Limitações:

- O tempo de soldagem influencia na produção;
- Requer um perfeito acabamento das superfícies a serem unidas;
- Estabilidade térmica da união limitada;
- As camadas adesivas perdem propriedades com o tempo;
- Baixa resistência pelicular, baixa resistência à deformação;
- Os reparos são limitados;
- Complexos cálculos para determinações de resistência; e
- A resistência da união só pode ser compensada com o aumento das áreas a serem unidas.

Particularmente, um exemplo para esse processo,

utilizado pela primeira vez em 1950, é conhecido como soldagem a frio Belzona, apresentando as seguintes características:

- Alta aderência, proporcionando uma vida útil longa;
- Rápida cura em condições ambiente;
- Durável;
- Alta aderência a diferentes substratos;
- Alta resistência química;
- Alta resistência à compressão;
- Resistência a impactos; e
- Não há risco de faísca.

Há diferentes aplicações para esse tipo de processo, como: renovação de decks; restauração de integridade estrutural; soldagem interna em vasos de processamento; instalação de suportes; soldagem de remendos em duto desgastado; reparo em base de tanque; e reparos de defeito de anteparas.

Atualmente, a soldagem a frio é considerada uma alternativa viável à soldagem por diversas razões:

- Não há risco de faíscas nem riscos elétricos; também não necessita de autorizações para trabalhos a quente;

- A soldagem a frio pode ser usada quando há restrições para corte e soldagem devido a atmosferas potencialmente explosivas;

- Aplicações in-situ fáceis e simples, sem necessidade de equipamentos especiais, torna a soldagem a frio ideal para reparos de emergência e áreas desafiadoras para aplicação, em que o acesso é restrito;

- Não necessidade de usinagem no local, alívio de estresse nem tratamento pós-soldagem a quente; e

- Os adesivos para soldagem a frio podem moldar-se a substratos e formas irregulares, preenchendo os espaços entre as superfícies.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Toda estrutura soldada empena durante a sua construção e montagem (Figura 2). O maior ou menor empeno está diretamente relacionado com a correção das precauções que forem tomadas.



Figura 2 – Convés Principal do Navio-Patrolha de 500 Toneladas, Empeno Abaixo do Compartimento do Passadiço

Durante as fases de fabricação, submontagem, montagem e edificação do Navio-Patrolha, diante das deformações provenientes do processo de soldagem de eletrodo revestido, sendo o aquecimento não uniforme de uma junta soldada pelo arco ou chama a principal delas,





foi necessária a inserção de procedimentos técnicos e operacionais com objetivo de minimizar ou corrigir tais deformações principalmente no departamento de estrutura, associados às distorções nas juntas soldadas, onde se teve o emprego da metade da força de trabalho.

Todas as soldas foram executadas de forma filetada, onde foram observadas as tolerâncias estruturais. Para isso, a máquina de solda foi calibrada, a junta estava devidamente seca e protegida de água, ventos, poeira, óleo, graxa e tinta, em uma faixa de 50 mm para cada lado da borda do chanfro e não foi interrompido o processo de soldagem antes de completar o segundo passe, sendo esse chamado de passe de reforço.

Quando havia deformações pequenas, essas foram reparadas inicialmente. Nesse caso, antes da aplicação de calor, utilizava-se uma prensa, já que esse processo é mais eficaz e não altera as propriedades do material. Importante mencionar que o ato de martelar as superfícies é proibido quando se há necessidade de desempenar.

Além disso, a utilização de fixadores rígidos na estrutura soldada também foi implementado para diminuir as distorções provenientes da soldagem, porém as tensões residuais e as deformações tiveram comportamentos opostos. Em outras palavras, um elemento fixo apresentou tensões residuais elevadas enquanto esteve soldado e, apresentou distorção elevada e tensões residuais baixas após soldado livremente. Dessa forma, se tornou inviável fabricar um componente soldado que, simultaneamente, apresentasse baixos níveis de tensões residuais e deformações, onde se fez necessário o uso de tratamentos térmicos e/ou mecânicos.

Na preparação das juntas soldadas, as aberturas e os pontes excessivos foram evitados, o que resultou em menores distorções. Relacionado ao ponteamto, permitiu uma fácil, correta e econômica fixação das peças a soldar, onde foram executados cordões curtos e distribuídos ao longo da junta. Em contrapartida, se houvesse ponteamto deficiente, a falta de fusão, escórias e gargantas excessivas se fariam presentes.

Tomando como base a quantidade de material depositado nas juntas com o nível de empenamento sofrido, eletrodos de diâmetros menores foram utilizados para que a altura dos pontos fosse de 3 mm para gargantas de 4 ou 5 mm em solda de filete.

3.1 Compostos para Reparo/Reconstrução de Metais

Ao se tratar de materiais utilizados na soldagem a frio, tendo como parâmetros os compostos para reparo/reconstrução de metais da Belzona em paralelo à possíveis aplicações no Navio-Patrolha, merecem destaque: o belzona 1111 (multiuso para reparo); o belzona 1121 (multiuso, usinável para reparo e reconstrução com prolongado tempo de manuseio); o belzona 1161 (reparo tolerante ao preparo da superfície); e o belzona 1212 (reparo metálico emergencial e in-situ de substratos contaminados, molhados e submersos).

Tendo como base o belzona 1121, eficaz para reparos gerais de engenharia, por exemplo, poderá ser aplicado em climas quentes e onde é necessário o perfeito alinhamento ou a colocação de grandes volumes de material, promovendo alta resistência mecânica e excelente resistência química. Além disso, o uso desse

material simplifica os procedimentos de manutenção, reduz a necessidade de peças de reposição, reduz o tempo de inatividade e melhora a segurança, evitando o retrabalho.

3.2 Ponto de aderência de soldagem a frio e de solda

A soldagem a frio pode oferecer reparos com resistência igual ou maior à da soldagem, oferecendo uma superfície de contato maior. A força de soldagem de belzona 5811 (revestimento de alta performance para proteção a longo prazo de superfícies metálicas e não-metálicas), por exemplo, foi medida por meio de teste de tensão de cisalhamento de adesão. No caso de soldagem a uma placa de 1,0 m², os resultados demonstram que belzona 5811 é capaz de suportar até 7.000 kN em cisalhamento puto.

Uma solda equivalente de 7 mm ao longo das bordas da placa conseguiria suportar até 2.000 kN. Isso mostra que a solução de soldagem oferece 3,5 vezes a resistência ao cisalhamento em comparação à soldagem em torno das bordas da mesma placa com um cordão de solda de 7 mm.

4. CONCLUSÃO

As deformações resultantes das tensões residuais resultaram em retrabalho e atrasos consideráveis na obra, observados durante os vencimentos dos prazos para entrega final do navio, decorrente do considerável número de conveses e anteparas empenadas, o que ocasionou aumento no curso de mão de obra.

Paralelo a esse ponto, durante inspeções, pôde ser observado que o uso do maçarico, muitas das vezes, não garantia a correção da deformação presente. Assim, foi necessária a realização de cortes e operações de reparo de solda para a correção do problema em questão, onde foi sugerida, pelos profissionais de estrutura naval, a inserção de técnicas que prevenissem que essas deformações ocorressem.

Como o processo de soldagem por eletrodo revestido foi um fator motivador para o estudo em questão, principalmente no que diz respeito ao empenamento, é importante ter em mente que a execução da soldagem requer um planejamento cuidadoso, desde a preparação das juntas, estabelecimento de procedimentos, definição dos equipamentos adequados, até o estudo das sequências de soldagem que serão utilizadas com o objetivo de controlar as tensões residuais e as deformações que poderão surgir.

Dessa forma, durante o processo de construção do Navio Patrulha, se houver um comprimento de perna de filete de 6 mm, depositando um comprimento de perna de 8 mm, resultará em uma deposição adicional de metal de solda de aproximadamente 57%. Com isso, é importante ter noção da quantidade de passes de solda e de materiais necessários para preencher a junta que será soldada, porque há o aumento do custo extra de deposição do metal de solda e o aumento do risco de distorção, além de se tornar um item caro para remover esse metal de solda e atrasar o prazo de entrega da obra contratada.

Nesse caso, levando-se em consideração o processo de união adesiva, não somente na solução de





problemas complexos de reparos inesperados quando o navio estiver navegando, como também na substituição parcial de material de solda depositado proveniente do processo de eletrodo revestido, há uma redução significativa no empenamento e, conseqüentemente, no prazo de entrega estipulado em contrato.

Em paralelo, devido à degradação e à deterioração do chapeamento do navio, principalmente no convés, há uma perda significativa da espessura do material utilizado.

Com objetivo de não alterar as propriedades do material (presença de calor durante processo de soldagem) e de não afetar a estabilidade do navio, pode-se fazer o uso do belzona 1121 para unir uma placa metálica à região afetada e, posteriormente, utilizar o belzona 5811 (grau de imersão) com objetivo de fornecer uma proteção anticorrosiva duradoura e de garantir uma perfeita adesão entre os materiais citados.

Para comprovar essa tese, um estudo de caso desenvolvido pela Associação Latino-Americana de Materiais Compósitos (ALMACO), em parceria com a LORD Corportation atinente a um yacht de 13m de comprimento com capacidade para 14 pessoas, utilizou a união adesiva entre o casco e as estruturas internas

(quilha, caverna, longarinas, hastilhas, entre outras), conforme a Figura 3.

Ao término desse estudo de caso atinente ao yacht, o uso da união adesiva nas estruturas resultou na redução de peso em 355 kg, além de 81% em ganhos durante a produtividade (diminuição de 48 h para 9 h trabalhadas) e obteve uma redução de custo em 20%.

Sem dúvida o assunto em tela não foi abordado de forma completa pelo fato de não haver caso em que é utilizada a união adesiva em navios da Marinha do Brasil, porém inúmeras são as situações em que essa inovação, aplicada à soldagem, pode interferir na estrutura do navio visto como um todo. Fato este que serve de incentivo para que estudos mais detalhados sirvam de complemento, principalmente para o Programa de Submarinos e para o Programa Fragatas “Classe Tamandaré”.

Um ponto muito importante que pode servir para trabalhos futuros, por exemplo, é o fato de utilizar a união adesiva não apenas no reparo, na reconstrução, na proteção ou até mesmo na vedação, mas sim na redução considerável do peso do navio, permitindo um aumento no deslocamento, algo que, em situação de guerra, estará diretamente ligado à segurança de toda a tripulação.

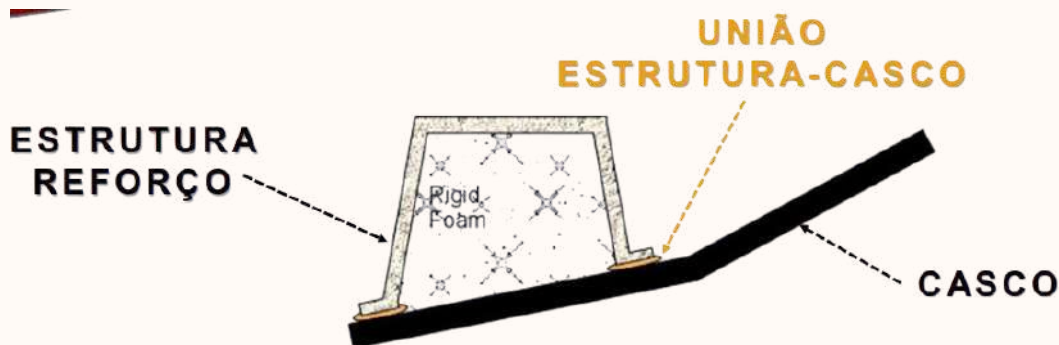


Figura 3 – Estrutura da Embarcação

Fonte: <https://feiplar.com/Virtual/wp-content/uploads/2021/10/Adesivos-Estruturais-Revolucionando-o-Mercado-de-Barcos.pdf>

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, Daniel. Curso de Inspetor de Dutos – Soldagem. Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia, 2012.

MARQUES, Paulo Villani. Soldagem: fundamentos e tecnologia. - 3ª edição atualizada – Belo Horizonte. UFGM, 2009. Especificação de Aquisição do Projeto Básico – Navio Patrulha 500 toneladas para a Marinha do Brasil.

<https://books.google.com.br/books?id=RWs1HjoZAwkC&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>, acessado em 29/04/2025.
<https://feiplar.com/Virtual/wp-content/uploads/2021/10/Adesivos-Estruturais-Revolucionando-o-Mercado-de-Barcos.pdf>, acessado em 29/04/2025.

http://infosolda.com.br/wp-content/uploads/Downloads/Artigos/processos_solda/Soldagem_por_adeso_R2_14-03-18.pdf, acessado em 29/04/25.

http://www.belzona.com/pt/focus/cold_bonding.aspx, acessado em 29/04/2025.

AUTOR



Segundo Sargento (EN) DARIO Avelar do Nascimento

Técnico em Estruturas Navais pela Escola Técnica do Arsenal de Marinha (ETAM). Formado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estácio de Sá. Especialista em Engenharia de Manutenção e Segurança pela Universidade Cândido Mendes (UCAM). Especialista em Engenharia e Gerenciamento de Manutenção pela UCAM. Especialista em Inteligência e Defesa Cibernética pela Faculdade Mário Quintana. Concluinte do Curso de Aperfeiçoamento Avançado de Praças em Soldagem Industrial em Estruturas Navais pela ETAM.

Instrutor da Escola de Inteligência da Marinha.





Artigos Internos



DESAFIOS E OPORTUNIDADES DO RATEIO DE ENERGIA ELÉTRICA NO COMPLEXO NAVAL DA ILHA DAS COBRAS – CNIC

Fonte: 3ºSG-TE LEONAM

RESUMO

A Base Naval da Ilha das Cobras (BNIC) desempenha um papel essencial na distribuição de energia elétrica para diversas Organizações Militares (OM) e meios navais no Complexo Naval da Ilha das Cobras (CNIC). Devido ao elevado consumo energético no complexo, que alcança valores mensais comparáveis ao de uma cidade de 50.000 mil habitantes, torna-se fundamental a adoção de um modelo de rateio eficiente, justo e transparente. Este artigo analisa diferentes abordagens para a divisão dos custos de energia entre as OM, considerando critérios como área ocupada, efetivo da unidade, levantamento de equipamentos e medição direta do consumo por meio de medidores individuais. A pesquisa destaca as vantagens e limitações de cada método, bem como os desafios técnicos e financeiros envolvidos na implementação de um sistema de medição preciso no CNIC. O estudo conclui que a melhor solução consiste na combinação de múltiplos critérios, aliando medições diretas, estimativas de carga e critérios administrativos para alcançar um rateio mais equitativo e alinhado com a eficiência energética.

INTRODUÇÃO

A Base Naval da Ilha das Cobras (BNIC) é uma Organização Militar Prestadora de Serviço Especial (OMPS-E), responsável por atuar no recebimento e distribuição de energia elétrica para as Organizações Militares sediadas e dos Meios Navais atracados/docados no Complexo Naval da Ilha das Cobras (CNIC). Devido a sua vasta extensão e seus requisitos operacionais e de manutenção, ela apresenta uma grande demanda energética, de forma que a BNIC possui a conta de energia de maior consumo dentro da Marinha, que chega aos valores de 2.800.000 MWh mensais, o que é equivalente ao consumo de uma cidade de 50.000 habitantes e representa uma conta de energia na ordem de grandeza de dois milhões de reais.

O complexo atendido pela BNIC abriga OM subordinadas a todos os Órgãos de Direção Setorial (ODS) da Marinha, além de diversos clientes extra-MB. A infraestrutura elétrica da BNIC abastece diretamente 22 Organizações Militares (OM) de terra e, de forma intermitente, os meios navais do setor operativo, quando estão atracados nesta Base. Diante desse cenário, um dos grandes desafios da BNIC é realizar o rateio adequado desse consumo entre as OM clientes, garantindo um processo justo e transparente.

Esse rateio é fundamental não apenas para distribuir os custos operacionais de forma equitativa, mas também para estimular o uso eficiente da energia elétrica dentro do CNIC. A dimensão e complexidade deste Complexo e do seu sistema de distribuição de energia tornam essa tarefa um desafio significativo, que envolve aspectos financeiros, técnicos e administrativos.

Para isso, este artigo busca discutir e analisar as possíveis formas de realizar esse rateio. Na segunda seção, são apresentados conceitos de eficiência energética necessários para nortear as análises e discussões. Quatro diferentes abordagens para o rateio são discutidas na terceira seção, quando são apresentados seus benefícios e dificuldades. Na quarta seção é apresentada a forma como esse rateio é efetivamente realizado no CNIC. Por fim, são expostas as conclusões do estudo, destacando os principais desafios e oportunidades para a otimização deste processo de faturamento dos clientes da BNIC.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A eficiência energética pode ser definida como a utilização racional da energia para se obter o máximo desempenho com o menor consumo possível, sem comprometer as necessidades operacionais de uma instalação, ou seja, atender as necessidades da organização com menor uso de energia primária e portanto menor impacto na natureza [1]. Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA), a eficiência energética é um dos pilares para a redução do consumo





energético global, contribuindo para a sustentabilidade econômica e ambiental das organizações [2].

Diversas medidas podem ser adotadas para aumentar a eficiência energética em instalações militares e industriais. Entre as ações de maior vulto, pode-se destacar a instalação de placas solares, como ocorreu no Centro de Instrução Almirante Wandenkolk (CIAW), permitindo a redução do consumo de energia elétrica da rede pública. Além disso, há medidas de menor escopo, mas igualmente necessárias, como campanhas de conscientização sobre o consumo moderado de energia, a substituição de lâmpadas convencionais por modelos LED de maior eficiência, a realização de inspeções diárias para evitar desperdícios e o aproveitamento máximo da iluminação natural. Também são recomendáveis a modernização das instalações elétricas, a substituição de equipamentos obsoletos por modelos de menor consumo energético, a manutenção periódica de sistemas de climatização, a regulação da temperatura do ar-condicionado entre 23°C e 25°C para evitar consumo excessivo, e a restrição do uso de elevadores, privilegiando escadas quando possível. Adicionalmente, o planejamento do uso de equipamentos de grande porte fora do horário de ponta contribui para a eficiência do sistema elétrico e a redução dos custos operacionais.

Considerando a relevância da eficiência energética no cenário ambiental atual, a gestão naval tem se empenhado em estabelecer normas, critérios e metas para o consumo de energia, além de definir estratégias para alcançá-los. Um exemplo disso é a COMOPNAVINST Nº 40-01A [3], que aborda o planejamento, a execução, a avaliação e o controle do uso de insumos energéticos.

No setor do material, a Diretoria-Geral do Material da Marinha (DGMM) estabeleceu requisitos específicos de consumo energético por meio da mensagem [4], na qual determinou que as despesas com energia elétrica em cada mês de 2025 devem ser limitadas aos valores praticados em 2024.

Uma das principais medidas para cumprir os requisitos de eficiência energética, reduzir despesas com eletricidade e atender às demandas ambientais é a realização de um levantamento detalhado do consumo de energia por usuário. Esse mapeamento permite identificar os pontos onde as ações de eficiência terão maior impacto, contribuindo para a redução do consumo total. Com a análise do perfil de carga de cada ponto, torna-se possível identificar os maiores consumidores e implementar medidas específicas para eliminar desperdícios e otimizar o uso da energia.

A implementação desse conceito no CNIC exige um controle detalhado do consumo energético em cada edifício ou meio naval, possibilitando a apuração do consumo total de cada Organização Militar (OM) e a distribuição proporcional da fatura de energia entre os usuários. Para garantir a eficiência energética, esse rateio deve levar em conta a variação do consumo ao longo do tempo, identificando quais unidades apresentam maior demanda e em que momentos ocorrem aumentos ou reduções significativas. Com

essas informações, é possível direcionar intervenções e oferecer suporte técnico às OM que necessitam de ajustes para cumprir as metas estabelecidas.

Além de promover um controle mais eficiente, um rateio adequado responsabiliza financeiramente cada unidade pelo seu consumo de energia, beneficiando aquelas que adotam práticas de eficiência energética, uma vez que sua fatura será reduzida, e penalizando financeiramente aquelas que ultrapassam os limites estabelecidos. Esse modelo cria um incentivo direto para a adoção de medidas de economia, fomentando uma cultura de responsabilidade e contribuindo para que todos os usuários atendam às diretrizes de consumo sustentável.

SOLUÇÕES PARA O RATEIO DA FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA

A definição do método de rateio da fatura de energia elétrica entre as OM de um mesmo complexo depende de fatores técnicos, de como é feita fisicamente a distribuição, e administrativos, considerando quais as OM, sua subordinação e o seu ODS.

De acordo com a SGM-307, o rateio pode ser realizado com base no número de usuários da instalação, na área iluminada de cada OM, no efetivo registrado na Tabela Mestre de Força de Trabalho (TMFT) ou nas características dos equipamentos instalados [5].

Outra abordagem comum em sistemas de distribuição é a medição contínua do consumo em cada ponto, e, na ausência dessa medição, a estimativa com base em períodos previamente registrados.

A escolha do método mais adequado para o CNIC deve considerar as vantagens e desvantagens de cada alternativa, bem como seus aspectos técnicos e a viabilidade de aplicação prática.

Área iluminada e TMFT

Uma alternativa prática e rápida para o rateio da fatura de energia é utilizar a TMFT ou a área ocupada pelas OM, como exemplo temos a planta do edifício 43 do CNIC (Figura 1) Esses dados estão prontamente disponíveis e podem ser facilmente aplicados para divisão do do total da despesa do CNIC.



Figura 1: Planta do Edifício 43 cuja Área Poderia ser Utilizada para Rateio de Energia
Fonte: Autor





Medidores de Energia

A utilização de medidores de energia (Figura 3), nos pontos de alimentação de cada OM permite um monitoramento preciso e individualizado, garantindo que cada unidade seja cobrada conforme seu consumo real. Esse método é amplamente adotado pelas concessionárias de distribuição de energia, pois oferece exatidão na medição e assegura um rateio justo dos custos.

Considerando que a divisão da fatura de energia impacta financeiramente cada OM, essa alternativa é a mais equitativa, pois responsabiliza diretamente os usuários pelo seu consumo.

Além disso, essa abordagem incentiva a eficiência energética, uma vez que unidades que adotam medidas de economia são recompensadas com faturas menores, enquanto aquelas com consumo elevado arcam com custos proporcionais.

O uso de medidores digitais com memória de massa proporciona um registro detalhado do consumo ao longo do tempo, permitindo análises do perfil de carga de cada consumidor. Isso possibilita a identificação de oportunidades de otimização e a implementação de melhorias que impactam diretamente na redução dos custos operacionais. A Figura 4 exemplifica a curva de carga armazenada em medidores digitais.

A conexão desses medidores a uma rede de computadores viabilizaria o monitoramento do consumo através de um sistema de supervisão digital em tempo real. Com isso, seria possível estabelecer um sistema integrado de gestão de energia, facilitando o controle e permitindo ajustes operacionais conforme a demanda de cada OM e seu impacto no consumo do complexo.

Entretanto, a aplicação dessa solução no CNIC apresenta desafios significativos, especialmente devido à extensão do complexo e à distribuição dos consumidores. A infraestrutura elétrica do local, em

grande parte antiga, não foi projetada para um sistema de distribuição segmentado por OM, o que dificulta a implementação de medidores individuais. Além disso, muitas instalações elétricas sofrem alterações frequentes, tornando o controle ainda mais complexo.

O AMRJ, por exemplo, está espalhado por todo o complexo e possui centenas de pontos de alimentação que precisariam ser monitorados para um faturamento preciso. Além disso, alguns edifícios abrigam mais de uma OM no mesmo ponto de consumo, como o edifício 11, aonde estão a DIM e o AMRJ, ou o edifício 16, que atende tanto a COGESN quanto o AMRJ.

Em muitos casos, as instalações elétricas são mais antigas do que as próprias OM que ocupam os espaços, o que dificulta a segregação elétrica de uma OM das suas vicinidades para fim de medição e faturamento.

Outro desafio é a medição de energia para os navios atracados, que são conectados à rede elétrica da base. Eles não utilizam pontos fixos de alimentação, sendo atendidos nos cais conforme sua necessidade operacional. Mesmo com a utilização de medidores nas tomadas, é necessário um controle contínuo de cada ponto de conexão de forma que seja realizada a correta alocação dos custos por meio.

Além das dificuldades operacionais, o custo da instalação de medidores representa um grande obstáculo. De acordo com o último orçamento realizado pela BNIC, cada ponto de medição instalado custa aproximadamente R\$ 5.000,00. Considerando o número de pontos de distribuição no complexo, a implementação dessa solução demandaria investimentos de milhões de reais, tornando sua viabilidade financeira um fator crítico para adoção em larga escala.



Figura 3: Medidor de Energia Digital do Ed. 49
Fonte: Autor

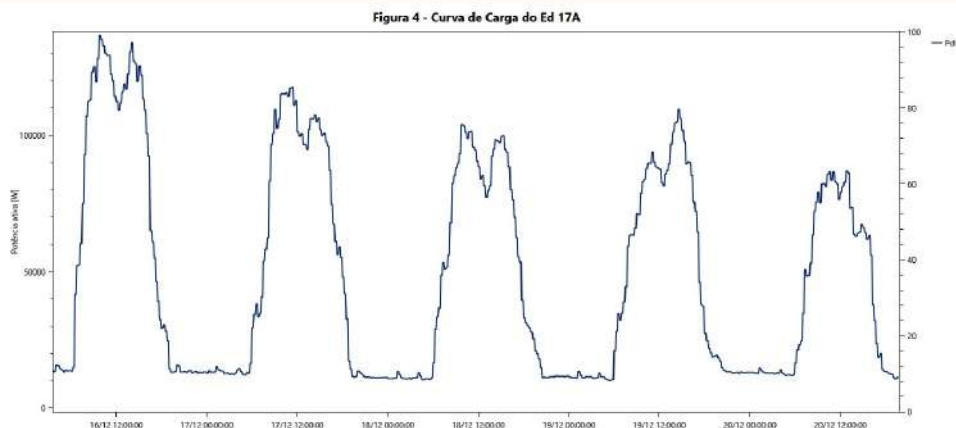


Figura 4: Curva de Carga Armazenada em Medidores Digitais Durante uma Semana no Ed. 17A
Fonte: Autor





Resumo das alternativas para o Rateio

Um resumo das vantagens e desvantagens de cada alternativa podem ser observados na Tabela 1

Tabela 1: Resumo das Vantagens e Desvantagens das Formas de Realizar o Rateio de Energia.

Forma de Rateio	Vantagens	Desvantagens
Área iluminada e TMFT	Pronta aplicação Simples execução	Não incentiva Eficiência Energética Não considera heterogeneidade dos consumidores
Levantar equipamentos e cargas	Retrato mais técnico	Alto custo de homem-hora para implementação
Medidores de energia	Consumo real Levantamento da curva de carga	Alto custo financeiro

SITUAÇÃO EXISTENTE NO COMPLEXO NAVAL DA ILHA DAS COBRAS

Tendo em vista o tamanho do CNIC e sua heterogeneidade, todas as formas mencionadas acima são utilizadas simultaneamente. Todos os meses, a Divisão de Eletricidade da BNIC aplica esses métodos para realizar o rateio do consumo de todos os consumidores do CNIC.

Atualmente, estão instalados 76 medidores no CNIC, que são acompanhados mensalmente para realizar o rateio das OM de terra. Além disso, há outros 13 medidores que monitoram o consumo dos navios, sendo que esses medidores são acompanhados e registrados diariamente, pois é necessário associar cada leitura ao meio naval conectado, conforme as atracações e desatracações no complexo.

Essas medições embasam todo o rateio, mas não são suficientes para representar toda a distribuição de carga entre os diversos agentes consumidores do CNIC. Para complementar, são aplicadas outras formas de rateio. Por exemplo, o consumo do edifício 11 é dividido entre o AMRJ e a DIM com base no número de militares que ocupam o prédio.

Outro exemplo é o consumo da DSAM, que está localizada no edifício 7A, aonde, recentemente, foi realizado um levantamento dos equipamentos utilizados para estimar sua demanda de energia.

Da mesma forma, foi estimado o consumo da iluminação de arruamento do complexo, considerando o

número de luminárias instaladas e o tempo médio de funcionamento.

Por fim, como ainda não há medição completa do consumo do AMRJ, o consumo atribuído a ele é calculado a partir do total da conta de energia do complexo. Ou seja, a diferença entre o consumo medido pela concessionária para todo o CNIC e os valores medidos e estimados internamente para todas as OM é considerada como sendo de responsabilidade do AMRJ no rateio mensal.

CONCLUSÃO

A gestão eficiente da energia elétrica no CNIC é um desafio estratégico, que exige soluções técnicas e administrativas para garantir um rateio justo entre as OM e usuários da infraestrutura. A análise das alternativas revelou que nenhuma metodologia isolada é plenamente eficaz, devido à complexidade do sistema elétrico e à diversidade dos consumidores. Dessa forma, a BNIC adota uma abordagem híbrida, combinando medições diretas em diversos pontos, estimativas de consumo e critérios administrativos para distribuir os custos energéticos. A implementação de um sistema de medição mais abrangente e a modernização da infraestrutura elétrica podem contribuir para maior precisão no faturamento e otimização do consumo. Além disso, a conscientização sobre eficiência energética e o incentivo a práticas sustentáveis são fundamentais para a redução dos custos operacionais e o uso racional da energia dentro do CNIC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COMOPNAVINST Nº 40-01A, Comissão Interna de Conservação de Energia da Marinha, Comando de Operações Navais, 2018.

ENERGY EFFICIENCY 2024, International Energy Agency, disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/f304f2ba-e9a2-4e6d-b529-fb67cd13f646/EnergyEfficiency2024.pdf>

PLANO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, premissas e diretrizes básicas, Ministério de Minas e Energia, disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/publicacoes/plano-nacional-de-eficiencia-energetica/documentos/plano-nacional-eficiencia-energetica-pdf.pdf/view>

R-281424Z/JAN/2025 do DGMM, Medidas de economia - Despesas de Funcionamento.

SGM-370 Normas Sobre o Sistema de Custos da Marinha do Brasil, Secretaria Geral da Marinha, 2020.

AUTOR



Capitão-Tenente (EN) Luan Filipe dos Santos COLOMBARI
Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo
Encarregado da Seção de Apoio Técnico da Base Naval da Ilha das Cobras.



O PAPEL DA ETAM NA CAPACITAÇÃO À IMPLEMENTAÇÃO DOS CURSOS DE MANUTENÇÃO DAS FRAGATAS CLASSE TAMANDARÉ E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A GESTÃO DO CONHECIMENTO



Fragata Tamandaré
com Armamento
Autor: tecnodefesa.com.br

RESUMO

O artigo tem como objetivo destacar o papel da Escola Técnica do Arsenal de Marinha (ETAM) na trajetória da capacitação preliminar à implementação dos cursos de manutenção do Programa Fragatas Classe Tamandaré (PFCT) e como essa atuação contribui para a gestão do conhecimento na Marinha do Brasil (MB). Esta análise considera documentos de planejamento e literatura especializada, com ênfase no conceito de gestão do conhecimento como elemento essencial para a eficácia dos processos de manutenção e da gestão do ciclo de vida das embarcações. Ao contextualizar a atuação da ETAM nesse processo, destaca-se sua contribuição para a gestão do conhecimento do programa, especialmente em meio aos desafios impostos pela modernização da Esquadra Brasileira.

Palavras-Chaves: ETAM, Capacitação, Programa Fragatas Classe Tamandaré, Gestão do Conhecimento

1.INTRODUÇÃO

O PFCT representa uma conquista significativa para o fortalecimento da Força Naval Brasileira. Segundo a MB, o programa teve seu início em 2017, com a visão da renovação da esquadra nacional, incorporando quatro fragatas com considerável poder de combate. Além disso, essas embarcações são projetadas com tecnologias avançadas e sua introdução exige a capacitação contínua de militares para operação e manutenção.

Para garantir que os navios sejam empregados em todo o seu potencial, o contrato firmado inclui acordos de compensação que prevê a transferência de tecnologia. Essa transferência aliada à presença de aquisição de novos equipamentos e manuais técnicos

em idiomas diferentes com linguagem especializada exigem ações estruturadas de capacitação dos militares. Diante desse cenário, torna-se essencial a atuação de uma organização militar de ensino capaz de coordenar, orientar e sistematizar a multiplicação desse conhecimento técnico-operacional de maneira didático-pedagógica.

É nesse contexto que destacamos o papel da ETAM, cuja missão é justamente “capacitar para construir e manter”. A Escola atua como um canal de disseminação e multiplicação do conhecimento, contribuindo de forma significativa para a gestão do conhecimento. Portanto, sua atuação é fundamental para assegurar que o conhecimento técnico necessário alcance, de forma eficaz, o número adequado de militares, possibilitando a manutenção eficiente e segura das fragatas da classe Tamandaré.

Cabe destacar que essa estrutura tecnológica é inédita na Marinha Brasileira, exigindo a introdução de novos saberes e práticas. Para isso, foram realizados estudos e elaborados documentos de planejamento que estruturam o programa e a capacitação dos militares em diferentes etapas. Essas etapas incluem: testes de sondagem, capacitação preliminar e, posteriormente, participação dos militares selecionados nos cursos previstos em contrato. Após essa formação inicial, esses militares tornam-se multiplicadores do conhecimento, repassando-o aos demais envolvidos.

É importante destacar uma dimensão muitas vezes secundarizada em projetos de alta complexidade, pois envolve tecnologia avançada e equipamentos novos. Por isso, a preparação humana e institucional necessária para absorver, manter e perpetuar esse conhecimento. Ao lançar luz sobre as práticas de capacitação e multiplicação do conhecimento dentro da Marinha, o estudo contribui para fortalecer a cultura de gestão do conhecimento na instituição e evitar falhas históricas



Figura 1: Aula para Mantenedores (PFCT) - Fonte: ETAM

relacionadas à descontinuidade do aprendizado. Dessa forma, este artigo tem como objetivo evidenciar o papel da ETAM nas etapas de capacitação e disseminação do conhecimento relacionado ao PFCT, refletindo sobre como sua atuação contribui de maneira estratégica para a gestão do conhecimento na MB.

Desse modo, este artigo está organizado em três seções principais: (1) capacitação preliminar dos mantenedores; (2) cursos de contrato; e (3) gestão do conhecimento pelos mantenedores. Em cada uma dessas etapas, será analisado o papel desempenhado pela ETAM e como sua atuação contribui não apenas para o êxito da capacitação do PFCT, mas, sobretudo, para a consolidação da gestão do conhecimento — fator essencial para assegurar a longevidade, a eficiência e o alto desempenho do programa no âmbito da MB. A Figura 1 apresenta a capacitação dos mantenedores do PFCT.

1. CAPACITAÇÃO PRELIMINAR DOS MANTENEDORES

Nesta seção, será abordada a capacitação de 2º e 3º escalões dos mantenedores do PFCT. Para isso, é necessário retomar etapas anteriores do processo, desde a formalização do acordo, passando pelo processo seletivo, realização dos testes de sondagem, até a estruturação da capacitação e o papel desempenhado pelas Organizações Militares envolvidas. Essa contextualização permite compreender o processo,

bem como a relevância da gestão do conhecimento como ferramenta estratégica para o fortalecimento das competências no ambiente da MB.

A capacitação foi estabelecida no acordo de compensação firmado entre a Empresa Gerencial Projetos Navais (EMGEPRON) e o Consórcio Águas Azuis, responsável pelo contrato de aquisição das quatro Fragatas Classe Tamandaré. Esse acordo contempla, além da aquisição dos meios navais, a transferência de tecnologia e o desenvolvimento de competências por meio da capacitação destes grupos específicos: Grupo de Recebimento (GR), Grupo de Instrução (GI) e Mantenedores.

A partir de um estudo conjunto realizado entre a EMGEPRON e a MB, foram identificados os requisitos necessários à formação dos profissionais, dimensionando-se qualitativa e quantitativamente o efetivo necessário para apoiar, operar e manter as fragatas. Com base nesse diagnóstico, foram definidas as diretrizes para o processo de capacitação. Adicionalmente, estabeleceu-se como pré-requisito para o ingresso nos cursos o domínio da língua inglesa, cuja verificação foi realizada por meio do Test of Communicative Proficiency Level (TCPL), com o objetivo de assegurar a proficiência linguística necessária à compreensão e aproveitamento dos conteúdos técnicos. A partir dessas definições, estruturaram-se as seguintes fases do processo de capacitação:

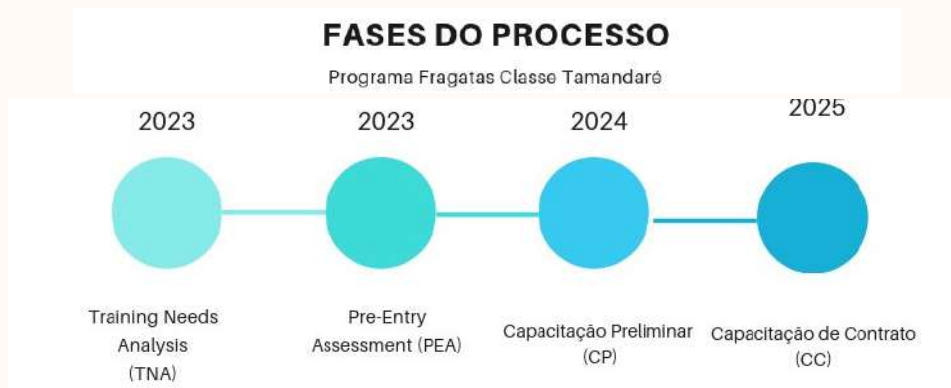


Figura 2: Fases do Processo



A primeira etapa, denominada Training Needs Analysis (TNA), teve como objetivo principal identificar lacunas de conhecimento dos militares pré-selecionados, possibilitando a elaboração de uma Capacitação Preliminar (CP) alinhada às reais necessidades de capacitação.

A segunda etapa, o Pre-Entry Assessment (PEA), consistiu em avaliações para identificar as lacunas específicas de conhecimento e habilidades, tanto em conteúdos gerais quanto específicos de cada área técnica. Essas deficiências foram abordadas ao longo da Capacitação Preliminar (CP), assegurando melhor desempenho nas etapas seguintes.

A terceira etapa, a Capacitação Preliminar (CP), representou uma ação extracontratual, de iniciativa da MB, com o objetivo de preencher as lacunas de conhecimento identificadas na fase do TNA antes do início das capacitações previstas contratualmente. Essa etapa foi fundamental na estruturação e reforço da base de conhecimento dos mantenedores, permitindo-lhes melhor absorção dos conteúdos de maior complexidade nas fases seguintes. A Capacitação Preliminar foi organizada em dezesseis módulos mais o módulo de inglês com conteúdos estruturados em disciplinas técnicas básicas e específicas, de acordo com os manuais do PFCT e os questionários do TNA. Os módulos abordaram fundamentos essenciais à compreensão dos sistemas e equipamentos, com foco na área de manutenção.

1.1 – ATUAÇÃO DA ETAM:

A ETAM desempenhou papel fundamental no apoio pedagógico ao TNA, sendo responsável pelo cadastramento dos participantes, inserção das provas no Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA Moodle) e aplicação das avaliações em suas instalações. Além disso, ficou a seu cargo, a organização didático-pedagógica e a execução da CP, bem como a disponibilização de espaços para a realização de aulas, palestras e avaliações. Quanto ao período, essa capacitação foi conduzida entre março e setembro de 2024, representando uma etapa estratégica e desafiadora dentro do processo formativo.

1.1.1- TNA

O TNA foi composto por uma análise dos conteúdos programáticos dos cursos de contrato. Os questionários da TNA foram elaborados pelo consórcio, traduzidos para o português, com orientação pedagógica, e aplicados nas instalações da ETAM, sob coordenação da Diretoria de Indústria Naval (DIM) e supervisão da Diretoria-Geral do Pessoal da Marinha (DGPM). Dessa forma, foram aplicados questionários abrangendo oito áreas distintas do conhecimento: Sistemas Mecânicos, Sistemas Elétricos, Sistemas Eletrônicos, Sistemas de Armas, Sistemas de Navegação, Sensores, Sistemas de Comunicações e Engenharia de Manutenção.

A elaboração dos questionários seguiu as seguintes diretrizes:

Coordenação	Módulo
ETAM	Módulo XVII - Língua Inglesa
	Módulo I - IPMS
	Módulo II - Sistemas Mecânicos/Hidráulicos
	Módulo III - Sistemas de Refrigeração
	Módulo IV - Sistemas Auxiliares
	Módulo V - Sistemas Auxiliares II
	Módulo VI - Sistemas de Propulsão
	Módulo VII - Sistemas Auxiliares III
	Módulo VIII - Sistemas Elétricos (Gerenciamento de energia)
	Módulo IX - Sistemas de Armas (Artilharia)
	Módulo X - Sistemas de Mísseis
	Módulo XI - Sistemas de Torpedos
	Módulo XII - Sistemas de Combate
	Módulo XIII - Sistemas de Torpedos
	Módulo XIV - Sistemas de Navegação
	Módulo XV - Sistemas Sonar
	Módulo XVI - Sistemas de Comunicação

Quadro 1 - Distribuição de Módulos da Capacitação

Quanto à última etapa do processo formativo do PFCT, a Capacitação de Contrato será abordada na seção 2 deste artigo.

- a) 20 questões de múltipla escolha, com 5 alternativas cada;
- b) 5 questões reserva;
- c) duração de 1 hora;





d) aplicação das provas por meio do AVA Moodle, realizadas nos laboratórios de informática da ETAM; e
e) cada prova contava com questões relacionadas à sua respectiva área de conhecimento.

Após a realização das provas, os resultados obtidos tiveram como objetivo principal identificar eventuais lacunas de conhecimento. A análise realizada permitiu evidenciar questões com baixo índice de acertos, indicando áreas que demandavam maior foco e aprofundamento no processo de capacitação.

1.1.2- PEA

O instrumento foi utilizado para identificar lacunas de conhecimento e habilidades dos mantenedores, que foram abordadas durante a Capacitação Preliminar (CP), com o objetivo de aprimorar o desempenho do efetivo nas etapas subsequentes do processo de capacitação.

1.1.3- CORPO DOCENTE

Os instrutores selecionados para a capacitação preliminar dos 2º e 3º escalões, em razão de sua formação técnica, receberam orientações específicas para aprimoramento didático-pedagógico, com o objetivo de assegurar a condução eficiente das aulas e atividades ao longo do processo de capacitação. Além disso, a ETAM forneceu suporte e acompanhamento pedagógico contínuo aos instrutores durante todas as etapas do programa.

1.1.4- INGLÊS

O módulo de Língua Inglesa teve como objetivo elevar a proficiência de oficiais e praças no idioma, considerando a importância vital da compreensão precisa dos conteúdos abordados nos cursos de capacitação contratados pela Marinha do Brasil. A estratégia adotada para essa capacitação consistiu em um período de dois meses, com aulas e exercícios em duas horas-aula conforme previsto pela Diretoria de Ensino. Durante essa fase, oficiais e praças foram preparados para atingir os níveis de proficiência B1 e A1, respectivamente. A Figura 3 apresenta aula de inglês ministrada na ETAM.

O corpo docente foi composto por professores da Diretoria de Ensino da Marinha (DEnsM), da Escola Naval (EN) e do Centro de Instrução Almirante Alexandrino (CIAA). As aulas foram estruturadas nos eixos de listening, writing e speaking. Ao término do módulo, os alunos realizaram avaliações para verificar o progresso e possibilitar o avanço para níveis superiores de inglês. A ETAM ofereceu suporte com a infraestrutura necessária, apoio dos instrutores e controle de frequência dos participantes.

Na etapa seguinte, as aulas foram voltadas para o reforço do conteúdo e o aprofundamento do ensino, com foco na consolidação do aprendizado e no desenvolvimento das competências linguísticas essenciais ao bom desempenho nos cursos subsequentes.

1.1.5- CAPACITAÇÃO PRELIMINAR

A Capacitação Preliminar (CP) foi uma ferramenta central, atuando como elo entre a identificação de lacunas e a consolidação de competências. A qualificação dos mantenedores foi essencial para garantir que estivessem devidamente preparados para absorver e reter, com qualidade e eficiência, os conhecimentos necessários à manutenção, de modo a capacitá-los adequadamente para os cursos contratados.

Nesse contexto, o conhecimento adquirido no PFCT pela CP foi de extrema relevância, pois garantiu que os profissionais fossem habilitados a absorver, reter e multiplicar o conhecimento transferido por meio dos treinamentos contratuais. Como destaca o próprio PREP-FCT: "O objetivo da capacitação é contribuir para a capacidade da MB de avaliar, operar e manter aquela classe de navios" (PREP-FCT, p. 1-4).

Para que essa etapa fosse executada com êxito, a ETAM teve participação na coordenação pedagógica durante a fase de planejamento. Atuou na elaboração dos currículos em conjunto com os instrutores e na estruturação de 16 módulos de estágios de qualificação, distribuídos em 30 disciplinas. A partir desse planejamento, foi realizado um treinamento interno com

os instrutores para orientá-los quanto à utilização da plataforma Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) Moodle. Em seguida, foi feito o cadastro no AVA, permitindo a inclusão dos materiais didáticos desenvolvidos para cada módulo.



Figura 3: Aula de Inglês na ETAM



Os cursos foram estruturados da seguinte forma: vídeo de apresentação, apostila, aulas com exercícios, estudo de caso e avaliação ao final de cada módulo. A partir dessa organização, os alunos foram devidamente cadastrados, e cada módulo teve início com a etapa online, sendo seguido, ao final, por palestras presenciais. A ETAM prestou suporte pedagógico ao longo de todo o processo, atuando na análise do material didático, na orientação aos instrutores e na disponibilização das instalações para a realização das avaliações e palestras.

A estruturação dos cursos, que combinou aulas online e presenciais, foi planejada para garantir a absorção eficaz do conteúdo pelos alunos. O suporte da ETAM, tanto na análise pedagógica do material quanto na orientação aos instrutores, foi importante para o bom andamento das atividades, assegurando a qualidade dessa etapa. A capacitação contribuiu significativamente para o aprimoramento das competências dos mantenedores, preparando-os adequadamente para os desafios dos cursos subsequentes.

Ao percorrermos todas essas etapas, torna-se evidente a importância da capacitação para a qualificação dos mantenedores, permitindo compreender como essas etapas foram essenciais e acabaram contribuindo para o desenvolvimento dos participantes e, contribuindo para a modernização da Força e na consolidação dos conhecimentos. Na seção a seguir, será abordada a Capacitação Contratual, etapa atual do programa.

2. CURSOS DE CONTRATO

Esta etapa abordará os cursos previstos em contrato, que ainda se encontram em desenvolvimento no contexto das Fragatas Classe Tamandaré (FCT), o que é crucial para as fases subsequentes do processo.

2.1 PAPEL DA ETAM NESSE PROCESSO

Com a seleção e a ida dos militares para realizarem os cursos, foram prestadas orientações e envio de

documentações para que os conhecimentos adquiridos sejam replicados da melhor forma, pois, ao retornarem dos cursos, os militares têm o desafio de serem instrutores, elaborarem cursos a partir do que foi aprendido e, com isso, multiplicarem o conhecimento aos demais militares. A ETAM será a responsável pela implementação dos cursos os quais deverão ter a homologação da Diretorias de Ensino e Industrial.

Os instrutores foram orientados a se qualificarem para, na sequência, desenvolverem os cursos. Os dois cursos até o momento implementados são na modalidade a distância e prestam suporte aos militares na parte de manutenção de sistema e equipamentos que ainda serão adquiridos. Ainda restam mais de vinte cursos a serem implementados, o que gera um grande desafio na área pedagógica por se tratar de conhecimentos inéditos e técnicos.

Nesta etapa, os instrutores enfrentam um grande desafio, pois as empresas localizadas no Brasil e na Europa, nas quais os mantenedores se qualificarão, possuem procedimentos distintos para o manuseio, a utilização e a disponibilização de materiais e instalações. Além disso, muitos dos instrutores selecionados ainda não têm experiência em lecionar, o que exigirá grande criatividade e dedicação no desenvolvimento do material didático.

A ETAM desempenha um papel fundamental nesse processo, oferecendo suporte pedagógico contínuo para os instrutores neste momento desafiador. Esse apoio é crucial para que os instrutores consigam planejar, elaborar e disponibilizar materiais de alta qualidade no AVA Moodle, contribuindo assim para a disseminação e multiplicação eficaz do conteúdo.

O primeiro curso (Figura 4) foi realizado em janeiro de 2025, na cidade de São Paulo, com duração de quatro dias. O conteúdo abordado tratou de um sistema de grande relevância para os militares, representando uma qualificação inédita. Essa etapa inicial foi fundamental para fornecer base aos próximos cursos a serem elaborados, facilitando o aproveitamento e as fases seguintes.



Figura 4: Apresentação do primeiro curso de contrato realizado. - Fonte: ETAM



A seção a seguir trata da gestão do conhecimento do programa fase que está sendo desenvolvida.

3. GESTÃO DO CONHECIMENTO DOS MANTENEDORES

Nesta seção, será abordado o conceito de gestão do conhecimento, seguido da aplicação desse conceito no contexto da MB e como está sendo desenvolvido no programa, e a contribuição da ETAM ao longo desse processo.

Segundo Drucker (1990):

“Gestão do conhecimento (GC) é a capacidade de gerenciar, descobrir, mapear, classificar, captar, distribuir, criar, multiplicar e reter conhecimento com eficiência, eficácia e efetividade para que uma organização se coloque em posição de vantagem competitiva em relação às outras para gerar lucro e garantir sua sobrevivência e expansão no mercado”.

Para alcançar esses objetivos, torna-se fundamental a implementação de uma gestão do conhecimento estruturada, com processos padronizados e uma infraestrutura adequada ao ciclo completo do conhecimento — desde sua criação até o armazenamento, compartilhamento e aplicação. Essa gestão deve estar integrada, de maneira sinérgica, aos sistemas institucionais de ensino, pesquisa, desenvolvimento e inovação, com a finalidade de ampliar as capacidades organizacionais e contribuir diretamente para o cumprimento da missão institucional.

A implementação da GC é a identificação do conhecimento já existente na organização, seja ele explícito (documentado, formalizado) ou tácito (prático, experiencial). A partir dessa base, promove-se a criação de novos conhecimentos por meio de processos de aprendizagem, pesquisa, desenvolvimento e inovação. O objetivo é transformar esse conhecimento em ativo organizacional, garantindo sua aplicação, compartilhamento e continuidade mesmo com a rotatividade de pessoal.

Na MB, seguimos as diretrizes estabelecidas na DPMARINST nº 01.2-01/2023 – Instruções para Gestão do Conhecimento, que servem como referência para a estruturação da GC. Com base nesse documento, é elaborado o planejamento que fundamenta o início e o desenvolvimento desse processo.

Com o objetivo de organizar e conduzir de forma eficaz as ações relacionadas à GC, está em desenvolvimento o Plano de Gestão do Conhecimento do Programa, bem como a estruturação do Núcleo de Gestão do Conhecimento e Preparo do Pessoal. Esse núcleo é composto por representantes de diversos setores da Marinha do Brasil diretamente envolvidos no PFCT e tem, entre suas principais atribuições, a formulação de diretrizes que consolidem e orientem a execução do Plano de Gestão do Conhecimento. A atuação integrada desse núcleo visa garantir a sistematização do conhecimento adquirido, promovendo sua retenção, disseminação e aplicação contínua no contexto do programa.

No âmbito do PFCT, a GC é tratada como um processo sistemático, estruturado e intencional, fundamentado na geração, organização, disseminação e preservação dos conhecimentos adquiridos durante a obtenção das FCT. Com esse propósito, foi instituído o Programa de Gestão do Conhecimento do PFCT, cujo objetivo principal é implementar práticas eficazes de GC integradas à gestão do preparo do pessoal envolvido. Nesse contexto, é importante destacar que os documentos que irão formalizar essa etapa a execução da GC, representando o programa, encontram-se em fase de apreciação e, em breve, serão oficialmente divulgados para orientação e aplicação prática no âmbito do projeto.

3.1 CONTRIBUIÇÃO DA ETAM

A ETAM desempenha um papel fundamental no processo de gestão do conhecimento, especialmente no apoio didático-pedagógico às ações de capacitação. Por meio de cursos contratados, militares têm adquirido conhecimentos junto a empresas localizadas em diversas regiões do Brasil, bem como em países como Itália, Alemanha, Inglaterra e Holanda e França. Posteriormente, esses conhecimentos são sistematizados e disseminados internamente por meio de novos cursos, desenvolvidos com o suporte da ETAM. Essa atuação contribui diretamente para a formação continuada dos profissionais, além de fortalecer a consolidação e disseminação do conhecimento institucional, alinhando-se às práticas de gestão do conhecimento na Marinha do Brasil.

A atuação da ETAM ao Programa Fragatas Classe Tamandaré evidencia a relevância da educação e da sistematização do conhecimento como pilares para o fortalecimento das competências institucionais. Ao transformar experiências individuais em conhecimento coletivo, a ETAM não apenas contribui para o desenvolvimento dos militares contínuo, mas também assegura a retenção e a evolução do saber dentro da organização. Esse modelo de gestão do conhecimento fortalece a soberania tecnológica da Marinha do Brasil, garantindo maior autonomia em projetos estratégicos e promovendo a excelência operacional de longo prazo.

3.2 PERSPECTIVAS PARA A MANUTENÇÃO DAS FCT

Em decorrência do elevado grau de tecnologia embarcada nas FCTs, a Diretoria Industrial da Marinha está implementando a ETAM-SISTEMAS, que, em breve, possibilitará uma abordagem inovadora para os conteúdos ministrados aos mantenedores das Fragatas Classe Tamandaré. Este novo modelo será constituído por um conjunto integrado de sistemas dotado de sinergia com os diversos setores da nossa Força Naval, em consonância com as demandas impostas pelas novas plataformas navais, sejam incorporadas, em construção ou em fase de comissionamento. A figura 5 apresenta uma simulação da ETAM-SISTEMAS.





4. CONCLUSÃO

A partir do que foi discutido, é possível refletir sobre a importância da ETAM de neste momento marcante para a Esquadra, especialmente na construção de cursos voltados à capacitação dos mantenedores do Programa Fragatas Classe Tamandaré (PFCT). Sem uma formação adequada, há o risco de se repetir erros do passado. Nesse sentido, deixar um legado sólido de gestão do conhecimento representa um avanço significativo na história da Marinha do Brasil.

Com 88 militares indicados para cursos contratados e mais de 200 alunos já capacitados, a ETAM tem cumprido seu papel no apoio à capacitação e à sistematização do conhecimento. Para que o conteúdo seja efetivamente planejado, organizado e executado, proporcionando uma experiência de aprendizagem de excelência, é essencial o suporte de uma organização voltada ao ensino, como a ETAM.

A complexidade dos conteúdos requer uma abordagem pedagógica eficaz para que militares sem familiaridade com tais tecnologias possam compreendê-los e aplicá-los com segurança. Portanto, é importante que a ETAM atue na organização e disseminação desse



Figura 4: Simulação da ETAM-SISTEMAS

conhecimento, assegurando que os objetivos do programa sejam alcançados com excelência e evitando a repetição de erros do passado.

Ao refletirmos sobre a história da MB, é possível identificar que, em momentos anteriores, a falta de capacitação adequada resultou na perda de esquadras. Por isso, a formação contínua e a gestão eficiente do conhecimento tornaram-se elementos estratégicos para o sucesso de programas dessa magnitude. Afinal, o conhecimento adquirido deve ser perpetuado e transferido para as novas gerações de militares, garantindo a manutenção das capacidades operacionais ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MARINHA DO BRASIL. Programa Fragatas Classe Tamandaré. 2017. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/comemch/fragata-tamandare>. Acesso em: 21 abr. 2025.

PORTAL EDUCAÇÃO. Conceito de gestão do conhecimento. Disponível em: <https://blog.portaleducacao.com.br/conceito-de-gestao-do-conhecimento/>. Acesso em: 30 abr. 2025.

SABBAG, M. Capítulo 3: Gestão do conhecimento. In: _____. Gestão do conhecimento: elementos construtivos e abordagens. 2007. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/18698/18698_4.PDF. Acesso em: 30 abr. 2025.

AUTOR



Primeiro Tenente (RM2-T) RAQUEL Pereira de Mesquita

Bacharelado e Licenciatura em Pedagogia pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Pós-Graduação em Designer Instrucional pelo Instituto de Desenho Instrucional. Encarregada do Serviço de Orientação Pedagógica da ETAM.

CONCURSO DE FOTOGRAFIA

PARTICIPANTE 2ºSG-BA AVELAR



Docagem do NAM Atlântico (A-140) no Dique Alte Régis



**EXCELÊNCIA EM
MANUTENÇÃO E
REPAROS DE
EMBARCAÇÕES**

NORTE SHOPPING BRASIL LTDA

O ACORDO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA FIRMADO ENTRE A DIRETORIA INDUSTRIAL DA MARINHA E O SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL EM PROVEITO DA CAPACITAÇÃO INDUSTRIAL NA MARINHA DO BRASIL E PERSPECTIVAS



A Marinha do Brasil (MB), representada pela Diretoria Industrial da Marinha (DIM), assinou o Acordo de Cooperação Técnica (ACT) com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Rio de Janeiro (SENAI-RJ) em 2021. Tal acordo consiste na realização de um Programa de Qualificação Profissional, cuja finalidade é aprimorar o conhecimento técnico de militares e servidores civis, por meio do oferecimento de cerca de 300 vagas presenciais ao ano em cursos profissionalizantes de interesse da MB. Nesse viés, a Escola Técnica do Arsenal de Marinha (ETAM), Organização Militar (OM) subordinada à DIM, tem atuado na coordenação desse ACT, incrementando significativamente a capacitação dos militares que compõem a Força de Trabalho Industrial e permitindo o desempenho ainda melhor de suas atividades técnicas relacionadas à construção, manutenção e reparo navais nas oficinas das Organizações Militares Prestadoras de Serviço Industrial (OMPS-I) e demais OM.

O objetivo deste artigo é analisar o impacto desse ACT, destacando suas contribuições para a qualificação profissional dos militares e servidores civis assim como a melhoria contínua das capacidades industriais da MB. Com isso, a expectativa é que, até 2030, o programa continue a expandir suas ofertas, acompanhando as demandas tecnológicas e operacionais da MB, além de contribuir para o fortalecimento contínuo das capacidades industriais da Força Naval.

Palavras-chave: DIM, ETAM, Acordo de Cooperação Técnica, SENAI-RJ.

1. INTRODUÇÃO

O presente artigo expõe a relevância do ACT firmado entre a DIM e o SENAI-RJ, de modo a abordar sua contribuição para a qualificação profissional dos militares da MB. O referido acordo visa não apenas ao aprimoramento das competências técnicas de militares e servidores civis, mas também à promoção do intercâmbio de conhecimentos especializados entre as instituições. Isso reflete de maneira substancial na qualidade das atividades militares relativas à área industrial, assim como na preparação para o ingresso no mercado de trabalho civil para militares temporários.

A educação técnica e profissional desempenha um papel fundamental no desenvolvimento econômico e social, sendo essencial para a formação de profissionais qualificados que atendam às demandas do mercado de trabalho. Nessa perspectiva, tal afirmação reflete diretamente a importância da qualificação técnica proposta pelo ACT, tendo em vista que a capacitação técnica a ser proporcionada pelo SENAI-RJ ao pessoal que serve no âmbito da MB traz benefícios em duas vertentes, quais sejam: I) proporcionar a qualificação técnica de diversos militares e servidores civis que, ao aplicarem os conhecimentos adquiridos, estarão atendendo em melhores condições às necessidades de serviços de manutenção e/ou reparo dos diversos sistemas e equipamentos; e II) proporcionar, particularmente para os militares temporários, a qualificação técnica com um ganho curricular que poderá significar, após a saída da Força



Naval, uma vaga de emprego. Não obstante, a DIM disponibilizará conhecimento técnico atinente à construção, reparo e manutenção de Navios para pessoal do SENAI-RJ

O objetivo do presente artigo, com isso, é analisar o impacto positivo do ACT, destacando sua importância na capacitação profissional dos militares da MB. Pretende-se, também, explorar como essa colaboração contribui para a melhoria das competências técnicas do militar e servidor civil, ao mesmo tempo em que fomenta o intercâmbio de conhecimentos entre as instituições, com benefícios tanto para as atividades navais quanto para a reintegração dos militares ao mercado de trabalho civil após o serviço militar voluntário ou obrigatório.

Este estudo encontra-se estruturado da seguinte forma: após esta sucinta introdução, a segunda seção é dedicada a uma análise retrospectiva do ACT; a terceira seção destina-se a discorrer sobre a coordenação da DIM/ETAM desde dezembro de 2021; na quarta seção, serão delineadas as perspectivas para o horizonte de 2030; e, por fim, encontram-se as considerações finais, as quais que sintetizam os principais achados do estudo.

conhecimento técnico relacionado à construção, reparo e manutenção de navios – compromete-se a fornecer esse aprendizado ao pessoal do SENAI-RJ, para disseminação aos seus alunos e usuários de seus serviços instrutórios.

Após essa assinatura, as ações delineadas no Plano de Trabalho têm contribuído para que os participantes do ACT atuem de maneira que evoluam na integração com a sociedade como um todo. Essa iniciativa foi tão relevante entre os anos de 2021 e 2024 que o ACT foi renovado até 2030 com a manutenção de cursos mais requisitados pela MB. Cabe ressaltar que esses cursos são executados não apenas nas instalações do SENAI-RJ – nas unidades de Benfica e Vila Isabel – como também na ETAM, com o apoio do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ) e suas oficinas e equipamentos, denominados cursos in company. Desse modo, os cursos do ACT são estes:

- Unidade de Benfica: Organização e Administração de Almoarifados, Operador de Máquina CNC, Serralheiro de Ferro, Torneiro Mecânico, Desenvolvedor de Projeto FABLAB, Assistente de Projeto FABLAB, Eletricista de Obras, Eletricista Industrial, Eletricista Predial,



Figura 1 - Primeira Reunião Funcional com as OMPS-I e OMPS-E

Por fim por ocasião da I Reunião Funcional com as Organizações Militares Prestadoras de Serviços Industriais e Especiais (OMPS I/E) foi divulgado o cronograma de cursos vinculados ao ACT DIM-SENAI-RJ, enfatizando-se a importância das OMPS participarem, indicando pessoal que elabora eletividades industriais. (Figura 1)

2. REVISITANDO O ACORDO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA (ACT)

O objeto do ACT, firmado em 2021 e renovado em 2024, consiste na execução e operação conjunta, com interesses recíprocos entre os participantes. O SENAI-RJ tem a incumbência de promover cursos com a finalidade de aprimorar o conhecimento de servidores civis e militares de carreira, bem como de militares temporários ou próximos de concluir o serviço militar obrigatório, no intuito de qualificar o corpo técnico. Outrossim, a DIM – detentora de um vasto acervo de

Inversores de Frequência, Instalador de Sistemas Fotovoltaicos, Instalações de Sistemas Elétricos Prediais, Assistente Administrativo, Gestão Assistente de Controle de Qualidade, Assistente de Produção, Administração de Materiais e Logística Integrada, Almoarife, Mecânico de Manutenção, Operador de Máquinas de Usinagem com CNC, Operador de Máquinas de Usinagem Convencionais, Instrumentista, Operador de Produção Industrial, Instrumentista Industrial, Instalador de Refrigeração e Climatização Doméstica, Refrigeração e Climatização Mecânica em Refrigeração Comercial, Madeira e Mobiliário, Desenvolvedor de Aplicativos, Mantenedor e Controle de Plantas Industriais, Medição Industrial, e Maçariqueiro.

- Unidade de Vila Isabel: Caldeireiro, Serralheiro de Alumínio, Serralheiro de Ferro, Assistente de Controle de Qualidade, Almoarife, Assistente de Operações em Logística, Pintor Industrial, Inspetor de Soldagem,



Soldador de Aço Carbono Arame Tubular, Soldador de Aço Carbono Eletrodo Revestido, Soldador de Aço Carbono Eletrodo Revestido, Soldador de Aço Carbono MAG 6G, Soldador de Aço Carbono TIG, Soldador Mecânico, e Básico de Mergulho Raso Profissional.

- **ETAM/AMRJ (in company):** Operação de Caminhão Munck, Operação de Empilhadeira, Operação de Ponte Rolante, e Içamento e Movimentação de Cargas Riggers.

Observa-se que esses cursos estão voltados para as áreas de administração, logística, manutenção industrial, elétrica, tecnologia, refrigeração, soldagem, caldeiraria, e operações com equipamentos pesados. Nesse contexto, com esse quantitativo de cursos, o ACT proporciona capacitação técnica em diversificadas áreas de modo a ampliar a capacidade técnica da Força de Trabalho de diversas OM da área industrial e demais, aprimorando a qualidade da manutenção dos sistemas de bordo e, simultaneamente, contribuindo com a melhoria do currículo de cada militar e servidor civil.

3. COORDENAÇÃO DA ETAM

Desde de dezembro de 2021, a DIM e ETAM têm desempenhado um papel fundamental na coordenação de diversos cursos oferecidos. A sua participação ativa inclui organização e gestão de reuniões periódicas com os representantes do SENAI-RJ, processo de inscrição e controle da frequência de alunos, entrega de certificados via postal, até negociações com coordenadores do SENAI-RJ para que cursos, tais como: Operação de Caminhão Munck, Operação de Empilhadeira, Operação de Ponte Rolante, entre outros,

tenham as aulas teóricas dentro das dependências da ETAM, enquanto as aulas práticas sejam ministradas nas instalações do AMRJ, proporcionando, assim, uma integração eficiente entre o ambiente acadêmico e a prática real. Nesse contexto, as subseções subsequentes detalharão três aspectos fundamentais dessa coordenação: I) a trajetória dos alunos concluintes entre 2022 e 2024, II) as Organizações Militares contempladas durante o mesmo período, e III) a interação estratégica entre a DIM/ETAM e o SENAI-RJ.

3.1 Capacitação de 2022 a 2024

A divulgação do cronograma e cursos realizada pela DIM tem sido uma importante ferramenta para as Organizações Militares (OM) vinculadas à área industrial e seus setores afins, poderem pleitear vagas de seu interesse, a fim de capacitar e/ou certificar militares e servidores civis nessas diversas áreas oferecidas. Cabe ressaltar que o objetivo em 2022 foi capacitar e/ou certificar militares e servidores civis pertencentes às OMPS-I, as quais, na função logística e manutenção, são representadas basicamente pelas Bases Navais, pela Base Fluvial e pelo AMRJ.

Todavia, a partir de 2023, a DIM divulgou o cronograma de cursos de modo a abranger mais OM, até mesmo as de fora de sede. Logo, essa formação especializada foi ampliada, sendo essencial para garantir a eficiência das operações e a disponibilidade dos equipamentos da MB, assegurando que o desempenho operacional seja mantido em alto nível. Vejamos, então, a figura 2 com a distribuição das Organizações Militares contempladas Fora de Sede e na Sede Rio, respectivamente:



Figura 2 - Organizações Militares Contempladas - Fora de Sede



Figura 3 - Organizações Militares Contempladas - Área Rio

Os mapas acima ilustram a distribuição geográfica das Organizações Militares contempladas pelo cronograma de cursos, o que facilita a compreensão da abrangência das iniciativas de capacitação e demonstra a extensão dos esforços da DIM em proporcionar formação especializada em diversas regiões. Ao observarmos as localizações, podemos entender melhor como as OM estão sendo atendidas, permitindo um planejamento mais eficaz das atividades e garantindo que todas as áreas estratégicas da MB estejam adequadamente preparadas para manter suas operações em alto nível.

Quanto ao quantitativo de concluintes, apresentado nas figuras 3 e 4, a capacitação proporcionada tem sido de extrema importância para a MB, uma vez que as demandas operacionais e tecnológicas exigem profissionais altamente qualificados. Ademais, a parceria com o SENAI-RJ tem permitido que a Instituição Naval tenha acesso a uma formação de qualidade, com conteúdos atualizados e instrutores especializados, o que resulta em um aprimoramento significativo nas competências técnicas de seus militares e servidores civis.

Ao analisarmos os gráficos apresentados, Figuras 4 e 5, que evidenciam a variação no quantitativo de alunos matriculados ao longo dos anos, podemos observar uma queda no número de concluintes. Essa diminuição está associada às mudanças estruturais enfrentadas pelo SENAI-RJ, que impactaram o andamento dos cursos e, consequentemente, a capacidade de atender à demanda crescente. Ainda assim, os gráficos também revelam quais cursos foram mais procurados em cada um desses anos, fornecendo uma visão detalhada das áreas de maior interesse e necessidade dentro das OM. Esses dados são essenciais para ajustar a oferta de cursos e garantir que as áreas de maior demanda continuem sendo atendidas de forma eficaz, apesar dos desafios estruturais.

Há um destaque maior aos cursos in company, uma vez que, nessa modalidade, podem ser adaptados às necessidades específicas da MB e dos militares,



Figura 4 - Quantitativo de Alunos 2022 x 2023 x 2024

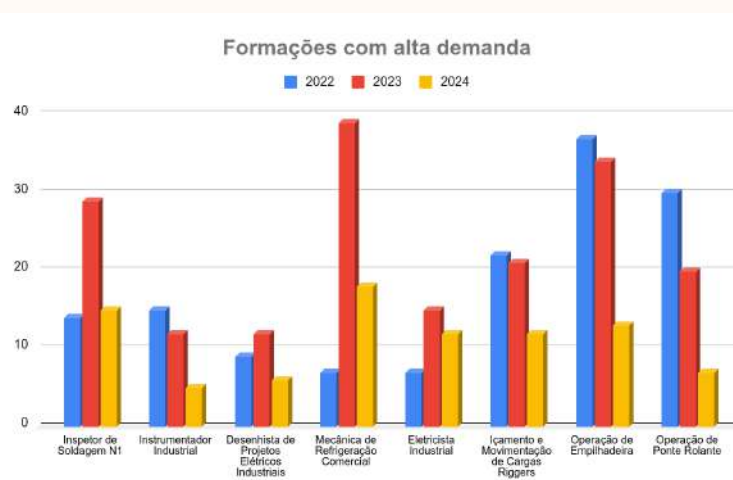


Figura 5 - Formações com Alta Demanda

abordando diretamente as habilidades e competências exigidas para o trabalho diário, o que torna o aprendizado mais relevante e imediato para o nosso contexto e aumenta o engajamento e a satisfação no trabalho. A Figura 6 ilustra um dos cursos in company realizado nas instalações do AMRJ, destacando a importância da interação entre teoria e prática, que é essencial para consolidar o aprendizado e garantir que os participantes possam aplicar os conhecimentos adquiridos de maneira eficaz em seu ambiente de trabalho.



Por conseguinte, a formação contínua é fundamental para que a MB possa acompanhar as inovações tecnológicas no setor industrial e garantir que seus quadros de pessoal estejam preparados para operar, manter e reparar equipamentos de alta complexidade. A capacitação, portanto, não só contribui para a eficiência da MB, mas também fortalece o comprometimento institucional com a excelência em suas atividades de manutenção e operação.



Figura 6 - Aluna em Aula Prática no Curso de Operação de Empilhadeira com o Apoio de Equipamentos do AMRJ em 2022
Fonte: ETAM

3.2 Interação DIM/ETAM - SENAI-RJ

A interação entre DIM/ ETAM e SENAI-RJ tem ocorrido principalmente com a realização de visitas de comitativas, o que tem sido fundamental para estreitar os laços entre as instituições assim como explorar novas possibilidades de capacitação. Essas visitas permitem que a Escola conheça de perto as instalações do SENAI-RJ, compreendendo melhor os recursos disponíveis e as capacidades das unidades de Benfica e Vila Isabel, especialmente considerando que ambas dispõem de equipamentos e laboratórios de última geração. Ao visitar as instalações, ETAM tem a oportunidade de identificar como esses equipamentos podem ser integrados aos seus cursos expeditos, garantindo que a formação oferecida esteja alinhada com as demandas de um mercado de trabalho em constante evolução.

Além disso, visitas trazem a oportunidade para discutir a inclusão de novos cursos no rol de ofertas do

ACT, o que expande as opções de formação para os militares e servidores civis, como também favorecem a troca de ideias e o alinhamento de expectativas, permitindo que a ETAM e o SENAI-RJ desenvolvam programas de treinamento mais adequados às demandas operacionais e tecnológicas necessário à Força Naval. A figura 7, ilustra a recém-visita nas Unidade Benfica e Vila Isabel.

As visitas são fundamentais para o conhecimento dos equipamentos e laboratórios utilizados, pois desse modo é possível estabelecer um parâmetro para futura atualização do maquinário e cursos desenvolvidos na ETAM. Os participantes tiveram a oportunidade de ver in loco a estrutura do SENAI-RJ e entender como os cursos são realizados na prática, o que oportuniza uma ampliação da visão sobre o mercado atual e as possibilidades de qualificação profissional.



Figura 7 - Visita de Comitativa DIM e ETAM à Unidade de Vila Isabel
Fonte: ETAM



4. PERSPECTIVAS FUTURAS

Com a renovação do ACT em outubro de 2024, as perspectivas futuras entre a DIM/ETAM e o SENAI-RJ são promissoras, com ênfase na ampliação dos cursos oferecidos e na contínua atualização do conteúdo programático. Espera-se que, com o avanço das tecnologias navais e a evolução das necessidades da MB, novas áreas de especialização possam ser incorporadas ao ACT, promovendo uma capacitação continuada e cada vez mais alinhada com as demandas do setor industrial. Assim, essa cooperação poderá se expandir, abrangendo novas áreas de atuação, como simulações virtuais e treinamento em novos sistemas de comunicação e automação naval.

O horizonte até 2030 também aponta para um fortalecimento da integração entre as instituições envolvidas no ACT. Nessa perspectiva, a troca de conhecimentos será cada vez mais estratégica, permitindo que o SENAI-RJ tenha acesso ao expertise da DIM/ETAM, enquanto estas se beneficiam da constante atualização dos métodos de ensino técnico aplicados pelo SENAI-RJ. Dessa forma, o ACT tende a se consolidar como um modelo de parceria, com impacto direto na formação de profissionais mais capacitados e aptos a atender às necessidades da área industrial.

Não obstante, a DIM, através da ETAM, vem empreendendo ações junto a órgãos públicos ou privados para escalar seu conhecimento técnico. Neste escopo insere-se que estão em andamento tratativas para implementação de ACT ou Convênio com a Fundação Getúlio Vargas (FGV), objetivando abrir caminho para a ETAM buscar novos processos capacitivos na sua área de atuação. A figura 8 ilustra o encontro DIM/ETAM-FGV.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, o ACT entre a DIM e o SENAI-RJ tem se mostrado um instrumento essencial para a qualificação e aprimoramento dos militares da MB. A troca de conhecimentos técnicos entre as instituições não apenas eleva as competências profissionais dos militares, mas também contribui para a manutenção da excelência nas operações navais. Essa iniciativa, desse modo, revela-se um modelo de colaboração eficaz, com impactos positivos tanto para a Força quanto para os indivíduos de carreira e temporários, estes que, ao término de seu compromisso militar, estarão mais preparados para ingressar no mercado de trabalho.

Ademais, a parceria consolidada, sob supervisão da DIM e com a coordenação da ETAM, continuará a ser fundamental para o fortalecimento do corpo técnico da

Força Naval nos próximos anos. Com o incremento da capacitação dos militares, será possível atender com maior eficiência às demandas de manutenção e reparo dos sistemas navais. Em última instância, esse Acordo reflete o compromisso das instituições envolvidas com a excelência técnica e com o desenvolvimento contínuo dos profissionais que servem à Instituição Naval.



Figura 8 - Encontro DIM/ETAM, FGV
Fonte: ETAM

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACORDO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA. Marinha do Brasil – Diretoria Industrial da Marinha e o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Rio de Janeiro (SENAI-RJ), nº 1/2024.

AUTORES



Capitão-Tenente (RM2-T) KARILENE da Silva Xavier

Bacharelado e Licenciatura em Letras Português-Inglês, Mestrado e Doutorado em Letras Vernáculas na Área de Língua Portuguesa pela UFRJ. Encarregada do Serviço de Orientação Educacional da ETAM (2024).



Segundo Tenente (RM2-T) THAMIRIS Bárbara de Almeida Borges AZEREDO

Bacharelado e Licenciatura em pedagogia e Pós-Graduação em Serviço de Orientação Pedagógica pela Centro Universitário Leonardo da Vinci. Encarregada do Serviço de Orientação Educacional na ETAM.



INTEGRAÇÃO DE AGULHA GIROSCÓPICA MK-39 AO SISTEMA DE COMBATE DA CORVETA BARROSO: UMA SOLUÇÃO EMBARCADA PARA SUBSTITUIÇÃO DA SIGMA-40



Integração da Giro
Fonte: CMS

RESUMO

Durante uma missão operacional, a redundância do Sistema de Navegação Inercial (SNI) da Corveta Barroso (V-34), da Marinha do Brasil, foi comprometida em decorrência da avaria da Unidade de Navegação Inercial (INU) SIGMA-40 para qual não havia sobressalentes para imediata reposição. A falha no SNI causou degradação na operação plena do Sistema de Combate (SiComBar), que depende diretamente das informações fornecidas pelo SNI para o funcionamento de sistemas críticos, como o Sistema de Controle Tático (SCT), os sistemas de direção de tiro e o controle de armamentos. Diante dessa situação, foi proposta a substituição da INU avariada por meio da integração emergencial da INU MK-39 MOD3A disponível. No entanto, os sinais gerados pela MK-39 apresentavam características elétricas e protocolos lógicos incompatíveis com o SiComBar, impossibilitando sua utilização direta. Para resolver esse problema, o Centro de Manutenção de Sistemas da Marinha (CMS) desenvolveu uma solução embarcada capaz de receber os sinais da MK-39, processá-los e entregá-los no formato exigido pelo SiComBar, simulando o comportamento da SIGMA-40. A implementação foi realizada utilizando uma plataforma Raspberry Pi, placa com microcomputador embarcado e de baixo custo utilizado para automação, com software desenvolvido em linguagem C++, garantindo alta precisão e confiabilidade na conversão dos dados. A solução foi validada tanto no Laboratório de Integração e Testes (LIT) quanto em ambiente operacional real a bordo da Corveta Barroso, demonstrando sua eficácia ao restabelecer a redundância demonstrando sua eficácia ao restabelecer a redundância do SNI até a chegada da SIGMA-40 de reposição.

Palavras-chave: Integração; MK-39; Agulha giroscópica; SIGMA-40; SiComBar; Corveta Barroso.

1. INTRODUÇÃO

A Corveta Barroso, da Marinha do Brasil, é equipada com o Sistema de Combate denominado SiComBar, um sistema integrado composto por sensores, armamentos, unidades de controle e subsistemas táticos. Entre os diversos sistemas que disponibilizam informações para o SiComBar, destaca-se o Sistema de Navegação Inercial (SNI), cuja principal função é fornecer dados contínuos e precisos de posição, atitude, velocidade e aceleração do navio (SOBRINHO et al., 2011). Esses dados são essenciais para o funcionamento de sistemas críticos, como o Sistema de Controle Tático (SCT), os sistemas de direção de tiro, o lançamento de torpedos e o controle do sonar.

O SNI da Corveta Barroso opera com duas Unidades de Navegação Inercial (UNI) SIGMA-40 (INU-A e INU-B), interligadas ao SiComBar via interfaces de comunicação serial RS-422 e RS-485. Durante uma missão operacional, uma avaria em uma das unidades SIGMA-40 comprometeu a redundância do SNI, causando depreciação na operação plena do sistema de combate (DOS SANTOS et al., 2011a; DOS SANTOS et al., 2011b). Diante da indisponibilidade imediata de reposição, foi decidido empregar a INU MK-39 MOD3A como solução provisória.

Este artigo apresenta a solução de engenharia desenvolvida pelo CMS para permitir a integração da MK-39 ao SiComBar. A abordagem envolveu a criação de um sistema de conversão de dados implementado em uma



plataforma embarcada (Raspberry Pi) que transforma os dados da MK-39 no formato reconhecido pelo SiComBar, simulando o comportamento da SIGMA-40. A solução foi validada tanto em laboratório quanto em ambiente operacional real, garantindo a continuidade operacional da Corveta Barroso (HDW AG, 1999; HDW AG, 2024).

2. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

O desafio técnico para integrar a INU MK-39 MOD3A ao Sistema de Combate (SiComBar) da Corveta Barroso, garantindo a continuidade operacional do Sistema de Navegação Inercial (SNI) até a reposição da SIGMA-40 avariada, foi o objetivo principal deste trabalho. Procurava atender a:

- Interpretar e converter os sinais gerados pela MK-39 para o padrão exigido pelo SiComBar.
- Simular o comportamento da SIGMA-40, incluindo encapsulamento HDLC e sincronismo. O HDLC (High-Level Data Link Control) é um protocolo de enlace orientado a bit, utilizado para comunicação confiável entre dispositivos, garantindo controle de fluxo, detecção de erros e encapsulamento de dados.
- Validar a solução tanto em laboratório quanto em ambiente operacional real de modo a garantir a redundância do SNI, assegurando a operação plena do sistema de combate.

3. METODOLOGIA

A integração da INU MK-39 ao Sistema de Combate (SiComBar) exigiu uma abordagem com foco na análise das diferenças técnicas entre os sinais gerados pela MK-39 e pela SIGMA-40, bem como no desenvolvimento de um sistema capaz de realizar a conversão e emulação dos dados, uma etapa significativa no teste. A seguir, são apresentados os aspectos metodológicos fundamentais para o desenvolvimento da solução.

3.1 Características elétrica e lógicas dos sinais da INU MK-39 e SIGMA-40

A INU MK-39 opera exclusivamente com interfaces RS-422 assíncronas, transmitindo dados por meio de três canais distintos:

- Canal 1 (NMEA): Este canal transmite mensagens de azimute (HDT - Heading interface) no protocolo NMEA (National Marine Electronics Association) 0183, amplamente utilizado na indústria marítima. As informações fornecidas incluem a direção do navio em relação ao norte verdadeiro, seguindo um formato padronizado e amplamente reconhecido.
- Canal 2 (ATT): Responsável por fornecer informações de atitude (inclinação e rotação) e taxas angulares, este canal utiliza um protocolo proprietário. Os dados são transmitidos em formato digital, sem encapsulamento ou mecanismos avançados de controle de erros.
- Canal 3 (NAV): Este canal transmite duas mensagens, denominadas NAV-B (velocidade linear e aceleração) e NAV-C (posição geográfica, variância e status). Assim como no canal ATT, os dados são enviados em formato proprietário, sem encapsulamento HDLC ou mecanismos robustos de verificação de integridade.

Por outro lado, a SIGMA-40 apresenta características distintas e mais complexas, destacando-se pelas seguintes diferenças fundamentais:

- Canal NAV: O canal NAV da SIGMA-40 utiliza RS-485 um padrão de comunicação serial e protocolo HDLC síncrono. Dessa forma, os dados são encapsulados em quadros delimitados por marcadores específicos (0x7E), incluindo campos de controle, dados e verificação de integridade (CRC). Além disso, o protocolo emprega mecanismos como bit stuffing para evitar ambiguidades e a comunicação é dependente de um sinal de clock externo, como forma de garantir o sincronismo preciso durante a transmissão. Em contrapartida, o canal NAV da MK-39 opera em protocolo elétrico RS-422 com comunicação assíncrona, com mensagens com formação diferente e mais simples.

- Canal ATT: Embora o canal ATT da SIGMA-40 utilize RS-422, da mesma forma que a MK-39, sua formação difere significativamente daquela da MK-39. Essa diferença torna os dois sistemas incompatíveis sem processamento intermediário, mesmo operando no mesmo tipo de interface elétrica de comunicação, RS-422.

- Canal NMEA: O sinal NMEA da SIGMA-40 é semelhante ao da MK-39, ambos utilizando o protocolo NMEA para transmitir informações de azimute (HDT – Heading Interface – fornece o rumo do Navio).

3.2 Principais diferenças entre os Sistemas

As principais diferenças entre os modelos MK-39 e SIGMA-40 estão relacionadas ao formato e à estrutura dos dados transmitidos, bem como o padrão de comunicação utilizada:

- Comunicação Síncrona vs. Assíncrona: O canal NAV da SIGMA-40 utiliza comunicação síncrona via RS-485, enquanto a MK-39 opera exclusivamente com comunicação assíncrona via RS-422.

- Encapsulamento e Verificação de Integridade: A SIGMA-40 emprega o protocolo HDLC, com encapsulamento em quadros delimitados, campos de controle, verificação de integridade (CRC) e mecanismos como bit stuffing. A MK-39, por outro lado, transmite dados em formato digital simples e a regra de formação é diferente.

- Formação dos Dados: O canal ATT da SIGMA-40, embora utilize RS-422, possui uma estrutura de dados diferente da MK-39, tornando-os incompatíveis sem processamento intermediário.

3.3 Arquitetura da Solução: Tradução em Tempo Real com Raspberry Pi

A arquitetura do sistema de integração foi desenvolvida em três etapas principais:

- Validação dos Dados Fornecidos pela MK-39: Os sinais provenientes da MK-39 foram capturados imediatamente antes da Caixa de Distribuição de Sinais Digitais (CDSD-A), localizada no Centro de Operações de Combate (COC). A CDSD-A é um componente crítico do sistema, responsável por receber os sinais de navegação, amplificá-los e distribuí-los para diferentes sistemas a bordo, incluindo o SiComBar. Para garantir a correta interceptação dos sinais, foi necessário identificar os terminais específicos da CDSD-A que originalmente correspondiam aos canais ATT, NAV e NMEA 0183 da SIGMA-40. Após essa identificação, estabeleceu-se uma conexão segura.

- Reparo da CDSD-A: Cabe destacar que durante os testes iniciais, constatou-se que a CDSD-A apresentava falhas, comprometendo a estabilidade da transmissão de dados. Diante dessa situação, a unidade foi retirada e encaminhada ao laboratório de Sistemas de Navegação para diagnóstico e reparo. Após a





correção, a CDSD-A foi reinstalada no compartimento, permitindo a retomada de suas funções essenciais: receber, amplificar e distribuir adequadamente os sinais de navegação para os sistemas consumidores, como o SiComBar e as repetidoras de navegação. Este reparo foi fundamental para garantir a robustez e a confiabilidade da solução final.

- Transmissão dos Dados no Formato SIGMA-40 ao SiComBar: Os sinais da MK-39 passaram a ser recebidos por uma plataforma embarcada Raspberry Pi, que foi designada para processar os sinais por meio de software desenvolvido em linguagem de programação C++. Esse software foi responsável pela conversão e emulação dos sinais no padrão SIGMA-40, simulando o comportamento da unidade original. A estrutura modular do software incluiu classes específicas para leitura e escrita serial (RS-422 e RS-485), decodificação das mensagens ATT, NAV-B e NAV-C da MK-39, montagem das mensagens equivalentes da SIGMA-40, geração de quadros HDLC e controle de temporização. Uma vez convertidos, os dados foram entregues à CDSD-A, que os distribuiu para os diferentes sistemas, especialmente o SiComBar.

A solução final também incorporou a implementação de um gerador de clock digital via GPIO (General Purpose Input/Output) da Raspberry Pi, associado a circuitos auxiliares, para garantir o sincronismo necessário para o canal NAV da SIGMA-40. Essa abordagem permitiu a integração eficiente dos dados da MK-39 ao SiComBar, assegurando a continuidade operacional da Corveta Barroso.

4. RESULTADOS

4.1 Ensaios em Laboratório (LIT)

No Laboratório de Integração e Testes (LIT), foram realizados testes para verificar:

- A correta interpretação e conversão dos sinais da MK-39;
- O sincronismo entre o sinal de clock e as mensagens NAV; e
- A exibição dos dados na Unidade de Distribuição de Sinais de Navegação (UDSN).

4.2 Testes Operacionais a Bordo

Após a instalação no interior da CDSD-A reparada, os testes a bordo confirmaram:

- Estabilidade e precisão dos dados ATT, NAV e HDT;
- Funcionamento integrado com o SiComBar; e
- Restabelecimento da redundância do SNI.

5. CONCLUSÃO

A integração da agulha INU MK-39 ao SiComBar representou um marco em termos de inovação e autossuficiência tecnológica. O projeto ampliou o conhecimento técnico da equipe, fortaleceu a capacidade de resposta da Marinha frente a falhas críticas e consolidou uma cultura de desenvolvimento sob medida, para propiciar manutenção adaptativa que superasse as obsolescências, reaproveitando material servível visando a disponibilidade com a economicidade e, ao mesmo tempo, alinhando-se aos princípios de soberania e autonomia tecnológica.



Integração da Giro
Fonte: CMS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOS SANTOS, José Carlos et al. Descrição Técnica do Hardware - HTD SiComBar: Manual de Sistema - Categoria 3A - DGMM7702. 1. ed. Versão A. Rio de Janeiro: DGMM, 2011a. Vol. I, vol. II, vol. IV.

DOS SANTOS, José Carlos et al. Especificações de Interface Sistemas do SICOMBAR: Manual do Sistema – Procedimentos de Integração e Aceitação do Sistema - Categoria 4 - DGMM7710 - Seção 22 – Interfaces do SNI (1.33.660.10.001). 1. ed. Versão A. Rio de Janeiro: DGMM, 2011b. Vol. III.

HDW AG. Interface Specification No. 6067: Technical Agreement between MK39 MOD3A and NDMC-Cabinet. Rev. 01. ed. [S. l.: s. n.], 2024. 28 p.

HDW AG. Interface Specification No. 6068: Technical Agreement between MK39 MOD3A and NDMC-Cabinet. Rev. 01. ed. [S. l.: s. n.], 1999. 33 p.

SOBRINHO, A. S. R. et al. Descrição ao Nível do Comando (CLD) SiComBar: Manual de Sistema - Categoria 1 - DGMM7700. 1. ed. Versão A. Rio de Janeiro: DGMM, 2011.





AUTORES



Capitão Tenente (EN) IGOR de Moura NEGRÃO

Formado em Engenharia de Computação na Universidade Federal do Pará. MBA em Finanças e Análise de Ações pela Empiricus/Estácio. Encarregado da Seção de Software de Sistemas de Gerenciamento de Combate.”



Capitão Tenente (EN) Zózimo Pereira GUEDES da Silva

Formado em Engenharia Elétrica pela Instituição de Ensino Superior em Campina Grande, Paraíba. Membro do Grupo de Apoio Técnico do Ex-HMS Bulwark.



Primeiro Tenente (RM2-EN) Daniel de Jesus RODRIGUES dos Santos

Formado em Engenharia da Computação pela Universidade Paulista UNIP. Encarregado da Divisão de Infraestrutura e Rede de Dados no Centro de Manutenção de Sistemas da Marinha.



Primeiro Tenente (RM2-EN) JEAN LUCAS Mendes Pereira

Formado em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário ETEP (Escola Técnica Everardo Passos). Ajudante do Encarregado da Seção de Software de Sistemas de Gerenciamento de Combate no Centro de Manutenção de Sistemas da Marinha.



Terceiro Sargento (EO) Lucas De Araújo Romão Da Silva

Técnico em Eletrônica na Fundação de Apoio à Escola Técnica (FAETEC/RJ) e em Engenharia Eletrônica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ). Auxiliar da Seção de Software de Sistemas de Gerenciamento de Combate do Centro de Manutenção de Sistemas da Marinha.



Corveta Barroso - Fonte : <https://tecnodefesa.com.br/>

CONCURSO DE FOTOGRAFIA
PARTICIPANTE CT (EN) TADEU ABREU CERQUEIRA

SUBSTITUIÇÃO DO SISTEMA LANÇADOR DE TORPEDOS (SLT) DA CORVETA BARROSO E INTEGRAÇÃO COM O SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE COMBATE (SGC) SICONTA MKIII: UTILIZAÇÃO DE EXPERIÊNCIA PREGRESSA NA SOLUÇÃO DE UM PROBLEMA ATUAL

RESUMO

O Sistema Lançador de Torpedos MOD400, originalmente instalado na Corveta Barroso, encontrava-se inoperante devido ao desgaste acentuado dos lançadores e avarias nas demais unidades do sistema, comprometendo a capacidade de guerra A/S daquele Navio Escolta.

Visando sanar o problema, optou-se pela troca dos lançadores pelos da Ex-Corveta Frontin (Classe Inhaúma), o que por sua vez obrigou a ajustar a integração com o restante do sistema. Nesse processo foram constatadas avarias adicionais impossibilitaram a adoção direta da linha de ação proposta.

Empresas parceiras foram contatadas a fim de buscar possíveis soluções. Foram recebidas diferentes propostas, porém, nenhuma que garantisse a integração do SLT com o SGC.

De posse disso, a seção de Lançadores de Torpedo de Superfície do Centro de Manutenção de Sistemas da Marinha (CMS), com a experiência adquirida ao longo dos anos, sugeriu instalar não apenas os reparos tripos dos lançadores, mas o sistema completo da Classe Inhaúma, que estava disponível naquele Centro. Desta forma, o CMS realizou, com mão de obra exclusivamente orgânica, a substituição do Sistema Lançador de Torpedos da Corveta Barroso pelo da Ex-Cv Frontin, possibilitando o disparo remoto a partir do Centro de Operações e Combate (COC).

Adicionalmente, por intermédio da seção Software de Sistemas de Gerenciamento de Combate, foi integrado o SLT com o SICONTA MKIII, permitindo o sistema operar em modo automático, com a possibilidade de disparo remoto através do Sistema de Gerenciamento de Combate. Resultados esses obtidos a custo irrisório, comparado aos valores orçados obtidos por meio de cotação com empresas de atuação na área de Defesa. De modo que foi restituída a capacidade de guerra A/S da Corveta Barroso, com custo aceitável e de modo autóctone pela estrutura de manutenção da Marinha do Brasil.

Palavras-chave: Guerra A/S. SLT. SGC. Integração.

1. INTRODUÇÃO

O Sistema Lançador de Torpedos tem a função de configurar os torpedos e realizar o seu disparo, com



Corveta Barroso (V34) - Vista a Meia Nau - Fonte: naval.com.br

base em solução calculada por computador. Dos Santos (2011, p. S17-2.1) afirma:

“O Sistema Lançador de Torpedos (SLT) proporciona os meios para se inserir os parâmetros operacionais do Torpedo e indicar seu estado de alerta, além de gerar (pela UCT – Unidade de Controle do Torpedo) o comando de disparo com base em solução criada por computador ou determinado por um comando manual.”

Além da UCT, o SLT possui uma Unidade Indicadora de Rumo (UIR) que apresenta o rumo do navio e possibilita a inserção da marcação do alvo, de modo a se definir o rumo adequado para se apontar os tubos de lançamento sobre o alvo. Adicionalmente, a Unidade do Timoneiro (UT), um indicador controlado pelo SICONTA Mk III, apresenta ao timoneiro as correções para o rumo do navio, necessárias para ajustar o rumo tanto para manobras de interceptação quanto para ataque ao alvo designado. A Unidade de Testes (Test Set) possibilita realizar simulações e verificações do sistema (SLT).

De forma geral, o Sistema Lançador de Torpedos da Corveta Barroso compreende as seguintes unidades:

- Unidade do Timoneiro (UT);
- Unidade Indicadora de Rumo (UIR);
- Unidade de Controle do Torpedo (UCT);
- Caixa de Junção para Distribuição dos Sinais de Controle dos Torpedos (CJDCT); e
- Lançadores tripos (BE e BB).



2. IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

O Sistema Lançador de Torpedos da Corveta Barroso, SLT MOD 400, encontrava-se inoperante devido desgaste acentuado dos lançadores triplos e avarias nas demais unidades do sistema, a saber: UCT e CJDC. Tal inoperância degradava a capacidade de guerra A/S do meio que, até então, não possuía armamento disponível para guerra anti-submarino.

Com o intuito de solucionar o problema e devolver a capacidade combativa em Guerra A/S para o Navio, foram contactadas Empresas Estratégicas de Defesa com expertise no sistema em questão. Assim, a Empresa 1 apresentou, inicialmente, uma proposta para fornecer uma interface adaptadora para integrar o SLT MOD 400 aos lançadores triplos da ex-Corveta Frontin (substituindo os lançadores danificados do sistema). No entanto, essa solução não contemplava a substituição das demais unidades do sistema, que se encontravam

avariadas e em avançado estado de obsolescência. Com isso, a Empresa 1 ofereceu uma proposta com duas linhas da ação para a solução do problema: i) revitalização dos módulos originais do SLT; ou ii) fornecimento de um SLT completo. No entanto, é importante destacar que nenhuma das propostas assegurava a integração da solução com o SGC SICONTA MKIII.

Adicionalmente, outras empresas do setor de Defesa apresentaram orçamentos que se mostraram inviáveis ante a previsão orçamentária disponível à época, impelindo a decidir por uma solução autóctone, com orçamento alinhado às expectativas da MB.

Cabe destacar, que durante as tratativas de contratação de empresas do setor de Defesa para restabelecer os módulos do SLT Mod 400, identificou-se que lacunas nas informações disponíveis tais como ausências de informações no manual de manutenção de 3º escalão e nos esquemas elétricos de referência para os sinais de entrada e saída dos módulos, que encareceram os orçamentos apresentados devido ao risco inerente de executar atividade dessa magnitude com escopo documental limitado.

3. SOLUÇÃO

Dados os obstáculos elencados na seção anterior, a Seção de Lançadores de Torpedos de Superfície vislumbrou a possibilidade de substituição, na íntegra, do SLT MOD 400 pelo SLT MK-32 MOD 5 da Ex-Cv Frontin, o qual foi preparado e

colocado em operação na oficina da referida seção, para fins de análise de exequibilidade da solução proposta, tendo se mostrada uma linha de ação viável e economicamente atrativa, quando comparada com os orçamentos fornecidos pelas empresas contactadas. É importante notar que uma das propostas recebidas apresentava como solução técnica a mesma concepção elaborada pelo CMS.

Após o aval para prosseguimento do projeto, o CMS realizou, exclusivamente com mão de obra orgânica, a substituição do sistema original da CV Barroso pelo sistema da Ex-Corveta Frontin. Durante o processo, utilizando a experiência do pessoal da seção de Lançadores de Torpedos de Superfície e a documentação existente (GROVES, 1989) (O., 2012) (SYSTEMS, 1983), foram removidas as unidades do SLT MOD 400 da Corveta Barroso e substituídas, além dos reparos triplos, as seguintes unidades provenientes do SLT MK-32 MOD 5 da Ex-Corveta Frontin (Classe



A Figura 1 - Ilustra a Movimentação dos Reparos Triplos da Ex-Corveta Frontin para a Corveta Barroso.
Fonte: Autor



Inhaúma): uma Caixa de Junção de Relés de Controle de Torpedo (TCRJB) para substituir a CJDCT, uma Unidade de Controle de Torpedo (TCU) para substituir a UCT e uma unidade de teste em substituição da Test Set, realizando o tratamento mecânico mecânico (pintura, adaptações e fixação) dessas unidades, além do dimensionamento e passagem de cabos para interligação dos equipamentos. A partir dessa substituição, possibilitou-se a co-nexão física que permite o disparo remoto a partir do COC (Centro de Operações e Combate), satisfazendo a demanda do Navio.

Contudo, após análise das documentações disponíveis sobre ambos os sistemas (DOS SANTOS, 2011) (FURTADO, 2011) (GROVES, 1989), SLT MOD 400 e SLT MK-32 MOD 5, a seção de Software de Sistemas de Gerenciamento de Combate, concomitantemente com a seção de Lançadores de Torpedos de Superfície, lograram êxito na integração do Sistema Lançador de Torpedos com o Sistema de Gerenciamento de Combate SICONTA MKIII, a partir de adaptação na interface entre os sistemas, o que foi possível dadas as similaridades existentes entre os sistemas (da Corveta Barroso e da Ex-Corveta Frontin). Tal resultado foi obtido a partir do estudo das interfaces entre os equipamentos, que tornou factível a realização dos ajustes necessários quanto aos sinais e sua conectorização, permitindo o sistema operar em modo automático, com a possibilidade de disparo remoto através do SGC. Na Figura 2, observa-se o SLT plenamente integrado ao SICONTA MKIII.



Figura 2 - Fonte: Autor

Vale ressaltar que as propostas formais recebidas de Empresas Estratégicas de Defesa não contemplavam a integração com o SICONTA MKIII. Desta forma, o produto entregue pelo CMS permitiu o reestabelecimento da condição operativa da Corveta Barroso, com a integração com o SICONTA MKIII com recursos empregados na ordem de 7% do menor valor orçado. Garantindo dessa forma uma economia de aproximadamente 93% referente ao menor orçamento recebido de empresas do setor de Defesa, obtendo um resultado superior por um valor proporcionalmente irrisório e com tempo de execução reduzido.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após análise cuidadosa dos eventos que antecederam a solução implementada pelo CMS, faz-se imperativo ressaltar o descortino da seção de Lançadores de Torpedos de Superfície que, baseada na experiência adquirida ao longo dos anos, propôs uma solução “fora da caixa” para a resolução de um problema atual.

Desta forma, o projeto proporcionou um aumento considerável de sinergia entre setores de departamentos diferentes do CMS, entregando um resultado superior ao planejado por empresas do setor de Defesa, por uma fração do valor orçado. Ao realizar o serviço com emprego de mão de obra exclusivamente orgânica, o CMS promoveu otimização de recursos e aumento no aprestamento de bordo.

Adicionalmente, a partir deste projeto, foi possível desvendar detalhadamente a interface entre o SLT e o SICONTA MKIII, aumentando a capacidade técnica do CMS na atividade de integração entre os sistemas.

Além disso, como resultado desta empreitada, promoveu-se um aumento na padronização do processo de manutenção, haja vista que o SLT agora instalado na Corveta Barroso é compatível com os instalados nas Fragatas Classe Niterói (FCN) e Corveta Júlio de Noronha, para os quais o CMS possui: larga experiência de manutenção; disponibilidade de sobressalentes;

e infraestrutura de apoio testada ao longo do tempo.

Finalmente, com a prontificação do projeto, a capacidade de guerra A/S da Corveta Barroso foi restituída, aumentando a capacidade combativa desse importante Navio Escolta da Marinha do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOS SANTOS, José Carlos. Especificações de Interfaces dos Sistemas do SICOMBAR. Rio de Janeiro: DGMM, Edição 1, Versão A, Julho / 2011.

DOS SANTOS, José Carlos; FURTADO, Laércio. Descrição Técnica do Hardware – HTD SiComBar. Rio de Janeiro: DGMM, Edição 1, Versão A, fevereiro / 2011.

GROVES, D.G.. Handbook for Torpedo Fire Control Equipment. England: Thorn EMI Electronics Limited, Issue 2, September / 1989. O. William. Sistema Lançador de Torpedos MOD 400. Rio de Janeiro: ARES, Versão 1, dezembro / 2012.

SYSTEMS, Naval SEA. Technical Manual: Description, Operation, Maintenance, and Illustrated Parts Breakdown – Surface Vessel Torpedo Tube Mark 32 MODS 5 and 7. USA: Naval Sea Systems Command, Issue 1, December / 1983.





AUTORES



Capitão Tenente (EN) IGOR de Moura NEGRÃO

Formado em Engenharia de Computação na Universidade Federal do Pará. MBA em Finanças e Análise de Ações pela Empiricus/Estácio. Encarregado da Seção de Software de Sistemas de Gerenciamento de Combate.”



Suboficial (RM1-ET) Francisco de ASSIS

Técnico em Eletrônica pela Marinha do Brasil. Auxiliar da Seção de Hardware de Sistemas de Gerenciamento de Combate do Centro de Manutenção de Sistemas da Marinha.



Suboficial (RM1-AM) ALCIMAR Cabral Da Rocha

Técnico em Armas pela Marinha do Brasil. Encarregado da Seção de Lançadores de Torpedo de Superfície do Centro de Manutenção de Sistemas da Marinha.



Suboficial (RM1-DT) Antônio Marcos da Silva FARIAS

Técnico em Direção de Tiro pela Marinha do Brasil. Supervisor da Seção de Lançadores de Torpedo de Superfície do Centro de Manutenção de Sistemas da Marinha.



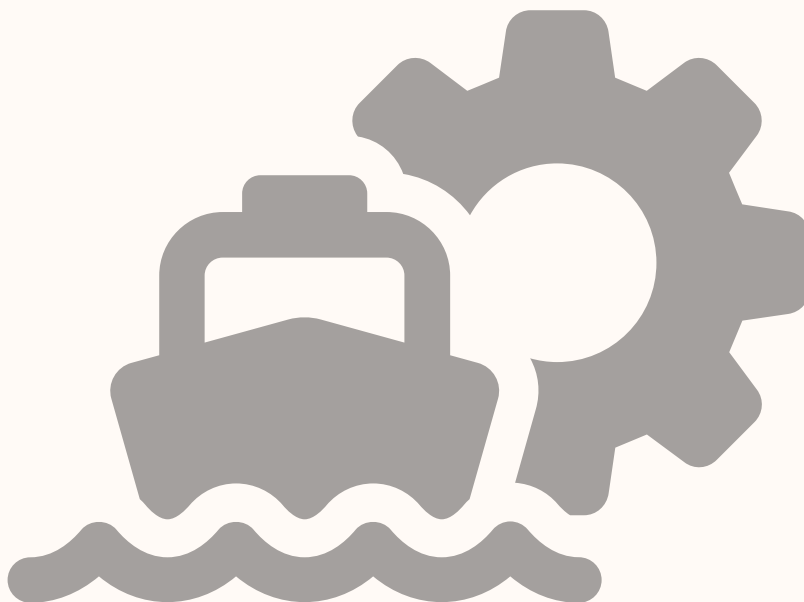
Segundo Sargento (EO) ALEXANDRE Nascimento De Oliveira

Técnico em Eletrônica pela Marinha do Brasil. Auxiliar da Seção de Lançadores de Torpedo de Superfície do Centro de Manutenção de Sistemas da Marinha.



Segundo Sargento (MI) ANA LÚCIA Tavares Pereira

Técnico em Mecânica pela Marinha do Brasil. Auxiliar da Seção de Lançadores de Torpedo de Superfície do Centro de Manutenção de Sistemas da Marinha.



SKM & ALTUS

DESENVOLVEM TECNOLOGIA PARA MODERNIZAR A FROTA NAVAL DA MARINHA DO BRASIL

A união entre a Altus e a SKM continua rendendo bons frutos para ambas empresas. As duas instituições estabeleceram, em outubro de 2015, uma parceria que incita a pesquisa, o desenvolvimento e a engenharia voltada para a Integração de Sistemas (IPMS) de Supervisão e Controle de Propulsão, Máquinas Auxiliares, Avárias e Gerenciamento de Energia (PMS) da planta elétrica de navios militares.

Apesar de ser uma empresa mais jovem, a SKM possui uma trajetória semelhante à da Altus. A companhia é uma grande incentivadora do desenvolvimento de produtos e tecnologias nacionais que favoreçam as empresas para as quais oferece serviços. Nicolau Sebastião, diretor de Planejamento, Controle e Novos Negócios da empresa, afirma que "o mais importante de todo esse processo é quando você une o desenvolvimento nacional com a tecnologia nacional". Ou seja, a Altus oferece a tecnologia, enquanto a SKM a implementa.

Além de atuar no mercado de offshore e na indústria em geral do Rio de Janeiro, o principal cliente da empresa é a Marinha do Brasil, que também utiliza equipamentos da França, Inglaterra, Alemanha e dos Estados Unidos em seus navios. Em conjunto com a Altus, a SKM busca unificar essa enorme variedade de tecnologias com os produtos desenvolvidos em território nacional, garantindo a independência tecnológica de outros países.

PROJETOS EM ANDAMENTO

Após mais de um ano trabalhando no projeto do Sistema de Manutenção Preditiva do Navio CBO Guanabara, embarcação da Companhia Brasileira de Offshore, a empresa finaliza o desenvolvimento. O sistema tem como finalidade realizar a monitoração da vibração, temperatura e a rotação dos mancais das caixas redutoras do navio, o que permite coletar dados para avaliar de forma "on-line" o estágio em que se encontra o desgaste das Caixas Redutoras.

A solução analisa esses dados e permite que seja possível determinar o desgaste e eventuais problemas da caixa redutora, além de determinar o estágio da "vida útil" dos rolamentos e o desalinhamento ou desbalanceamento. Com isso, analisando o histórico dos dados, é possível prever a probabilidade de uma falha e planejar uma parada programada para manutenção. É um trabalho promissor que vem despertando o interesse e promovendo a nova estratégia de manutenção da CBO, baseada em eficiência, agilidade e segurança.

A solução é uma variação do atual Sistema de Telessupervisão e Manutenção Preditiva do navio. Este sistema consiste em um supervisor SCADA/HMI BluePlant, software de supervisão da Altus, que agrega as informações das unidades eletrônicas responsáveis por monitorar as variáveis de vibração e temperatura. Após serem coletados e processados a bordo, os dados são enviados à Base Operacional da CBO em terra para a análise da equipe de manutenção, o que permite avaliar o estado (vida útil) das máquinas monitoradas.

O Sistema de Telessupervisão tem como finalidade atender aos objetivos da manutenção preditiva, entre eles: aumentar o tempo de disponibilidade e o grau de confiabilidade das máquinas e equipamentos, impedir o aumento de danos e aumentar a segurança do pessoal de bordo responsável pela condução da embarcação.

NOVAS TECNOLOGIAS EMBARCADAS EM NAVIOS DA MB

A Marinha do Brasil abraçou a ideia de encontrar a tecnologia produzida no Brasil com a inteligência de engenharia nacional. Ao longo dos últimos anos, a instituição, ao lado da SKM, tem trabalhado na modernização do controle de uma série de sistemas, utilizando a tecnologia dos produtos Altus.

Para os Navios Patrulha, por exemplo, a empresa desenvolveu o painel de luzes de navegação, sinalização e cerimonial, que permite informar as condições de navegação do navio, tal como "navegando", "fundado" e "homem ao mar".

O painel contém um PLC Série Nexto e uma IHM X2-BASE-10 e é comandado através do protocolo de comunicação Modbus RTU. A solução utiliza um grupo de cartões inteligentes desenvolvidos pela SKM para acionar e ajustar a intensidade das lâmpadas de navegação, sinalização e cerimonial, realizando as combinações padronizadas pelo regulamento RIPEAM (Regulamento Internacional para Evitar Abalroamentos no Mar).

CREDIBILIDADE JUNTO À MARINHA DO BRASIL

A mudança de diretrizes e paradigmas da Marinha é outro marco importante para a trajetória da Altus e da SKM. Antes, a própria Armada Brasileira desenvolvia os sistemas de supervisão e controle de seus navios. Com o passar dos anos, a SKM torna-se parceiro da MB no desenvolvimento dos projetos, ficando com a incumbência de realizar as ações de atualização, reparo e modernização dos navios.

O FUTURO DA PARCERIA

Nos próximos anos, a parceria entre Altus e SKM seguirá promovendo o desenvolvimento tecnológico nacional e atendendo à Marinha e ao Sistema de Controle e Monitoração Integrados da Planta dos Navios Militares do Brasil (IPMS). Assim como nós aqui da Altus, a empresa também tem como objetivos para os próximos anos a redução da dependência de tecnologias estrangeiras e a promoção do desenvolvimento de oportunidades de emprego no país.

Conheça mais sobre nossa tecnologia!
Fale com nossos especialistas e saiba tudo que as soluções **SKM & Altus** podem fazer pela segurança do país.

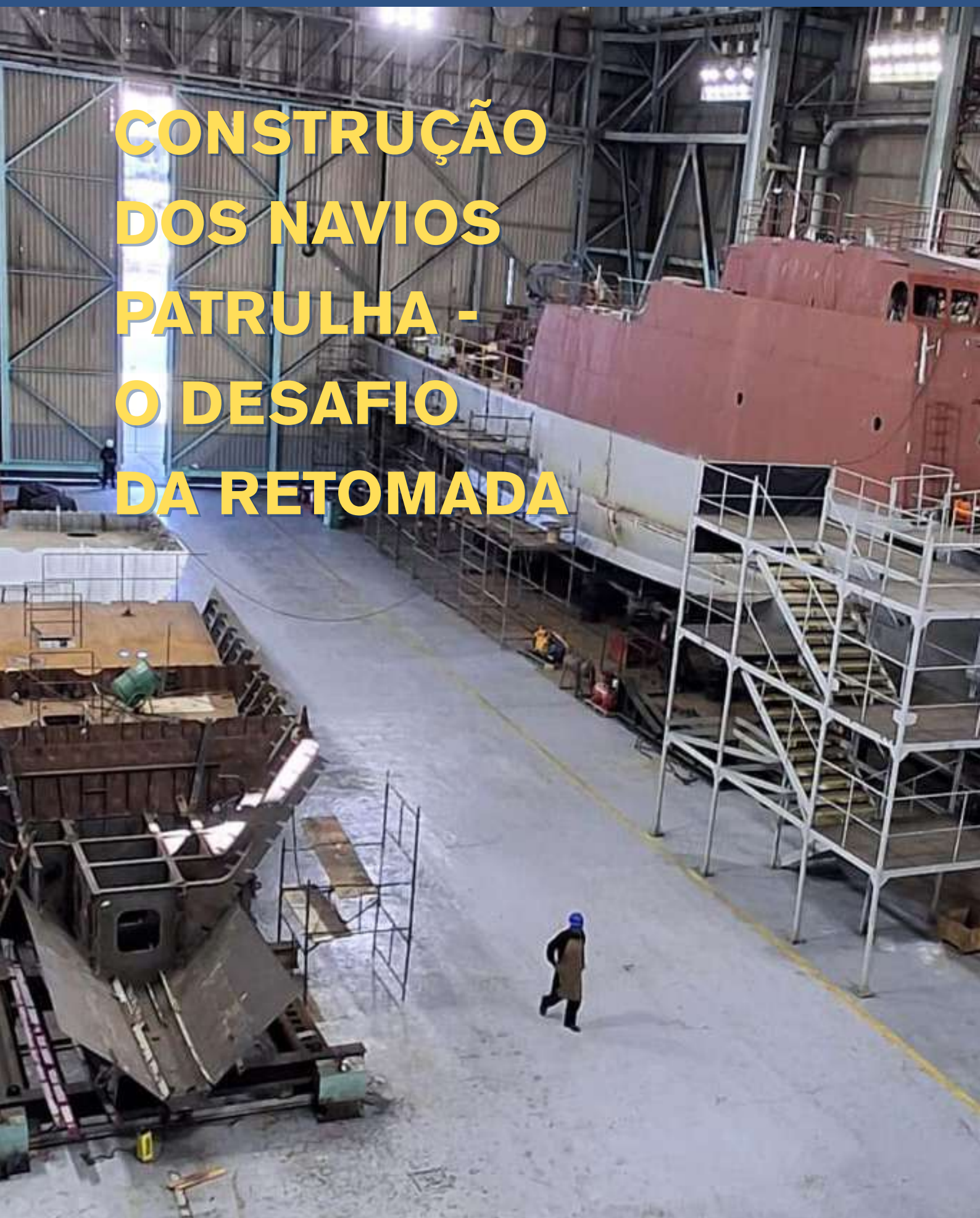
(21) 3841-1370 | 2178-6739 | 2178-6729
escritoriodevendas@skmtech.com.br
skmtech.com.br | altus.com.br



desde 1992
skm
Automação e Assistência Técnica

altus

CONSTRUÇÃO DOS NAVIOS PATRULHA - O DESAFIO DA RETOMADA





“A importância do Planejamento, Detalhamento, Adequada Execução de Processos Licitatórios e Fiscalização de Contratos.”



Resumo

A retomada da construção naval no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ), impulsionada pelo Programa de Obtenção de Navios-Patrolha (PRONAPA), representa um marco estratégico para a Marinha do Brasil. Este artigo analisa os desafios enfrentados durante a construção do Navio-Patrolha (NPa) Mangaratiba, à luz das lições aprendidas com o NPa Maracanã. Destacam-se os avanços no planejamento integrado, a adoção de modelos de contratação por escopo com mão de obra especializada e os ganhos operacionais decorrentes da modelagem tridimensional e detalhamento simplificado. A aplicação de técnicas de engenharia simultânea e gestão de contratos tem permitido reduzir retrabalhos, antecipar interferências e racionalizar recursos. A análise evidencia a evolução do AMRJ em termos de maturidade técnica, organizacional e no gerenciamento de contratos, consolidando sua capacidade de conduzir projetos complexos e contribuindo para a Base Industrial de Defesa (BID).

Palavras-chave: Construção naval, Navio-Patrolha, planejamento integrado, terceirização, modelagem 3D, Marinha do Brasil.

1. Introdução

Ao longo dos últimos anos, vem sendo realizada a retomada da construção naval no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, após o insucesso com contratação de estaleiro para construção de Navios Patrulha, que não cumpriu com as entregas contratadas, de Navios Patrulha da Classe Macaé e amparada pelo Programa de Obtenção de Navios-Patrolha (PRONAPA), que visa realizar a construção de Navios Patrulha para atuar na proteção e defesa da vasta costa brasileira, a Amazônia Azul.

É de amplo conhecimento que a Construção Naval apresenta grande complexidade técnica e operacional, necessitando de mão de obra qualificada, aplicação de equipamentos e materiais tecnológicos e modernos, portanto demanda volumoso investimento financeiro e de tempo e necessita de planejamento.

O presente artigo tem como objetivo apresentar os desafios da retomada da construção naval, como a curva de aprendizado vem se desenvolvendo, ao aplicar as lições aprendidas com o NPa Maracanã na construção dos NPa Mangaratiba e Miramar, apresentando como o Arsenal de Marinha está lidando com diversos desafios, versando sobre os modelos de contratação por escopo, que são contratados por meio de processos licitatórios e o desenvolvimento de um projeto detalhado, que vem sendo desenvolvido pelo próprio AMRJ e visa economicidade, dada a redução do retrabalho, devido à percepção de interferências e mapeamento de oportunidades de melhorias antes da execução da obra, através de desenvolvimento de maquete eletrônica e desenhos de detalhamento.

2. Planejamento, a importância do Cronograma

O Navio Patrulha Maracanã foi recebido no AMRJ em fase mais avançada que o Navio Patrulha Mangaratiba. Na ocasião da transferência, a embarcação já se configurava como casco flutuante,

com diversos equipamentos embarcados, como os Motores de Combustão principal, Motores de Combustão auxiliar, quadros elétricos e diversos sistemas auxiliares. A antecipação do embarque desses sistemas impôs desafios significativos à construção, notadamente no que se refere ao acesso a compartimentos internos e à execução simultânea de múltiplas atividades com o navio já exposto a condições ambientais adversas.

Dada a complexidade da construção, a elaboração de um cronograma revelou-se indispensável. A experiência adquirida com o NPa Maracanã foi decisiva para fundamentar escolhas estratégicas na estruturação do cronograma da embarcação, permitindo melhor alocação das atividades construtivas e logísticas de embarque de equipamentos em momentos mais adequados, levando-se em conta a integração entre os sistemas de bordo e as restrições orçamentárias.

Com o apoio da Diretoria Industrial da Marinha (DIM), desenvolveu-se um Cronograma Integrado, que prevê não apenas as atividades desenvolvidas pelo AMRJ, mas também pelas demais Diretorias Especializadas (DE), o Centro de Manutenção de Sistemas da Marinha (CMS) e o Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM). A interdependência entre as tarefas exigiu o mapeamento do caminho crítico, de maneira a verificar se é possível a realização de tarefas em paralelo, visando a viabilização da entrega no prazo desejado pela Administração Pública. Todos os atores envolvidos no processo utilizaram-se da experiência adquirida ao longo de suas carreiras, sejam eles militares ou civis, especialmente na construção do NPa Maracanã, para desenvolver um cronograma que atenda a todas as necessidades da Marinha do Brasil.

Dentre as decisões estratégicas tomadas, é possível citar o embarque dos Motores de Combustão Principal (MCP) próximo ao lançamento do navio ao mar, de maneira a garantir maior espaço dentro da praça de máquinas para serem realizadas movimentações de cargas e instalação de equipamentos prévios a este marco. A priorização do maior número possível de atividades enquanto o navio estiver abrigado em oficina foi uma preocupação, considerando os benefícios associados ao conforto para a mão de obra que está executando os serviços e melhor qualidade no desenvolvimento dos serviços, considerando que o navio se encontra protegido das intempéries do tempo, tanto climáticas, como chuva e vento, quanto do mar, pois ao flutuar o navio apresenta movimentação em seis graus de liberdade, ao sabor dos ventos e marés. Todas essas movimentações podem gerar desconforto nos colaboradores que estiverem executando atividades, dificuldade na estabilização de cargas que estiverem sendo içadas ou até mesmo estejam posicionadas em algum local do navio, falta de precisão nas atividades manuais e risco mais elevado de acidentes.

Adicionalmente, buscou-se o desenvolvimento do menor número de atividades em altura aproveitando a possibilidade de retirada temporária de estruturas como o mastro e chaminé com facilidade, para realizar serviços de instalação de bases e equipamentos em nível do solo da oficina, além das pontes rolantes presentes no Edifício 17 como valioso recurso para movimentação de cargas.

A interdição do passadiço para instalação de blindagem, isolamento térmico e acabamento, previamente ao momento em que ocorrerá a instalação de equipamentos de navegação e controle, constitui





outro exemplo da interdependência das atividades, permitindo a previsão e planejamento de processos licitatórios, aquisição de materiais e execução de serviços com impacto mínimo sobre as demais fases construtivas, conforme evidenciado pela modelagem desenvolvida.

3. Desafios na modelagem tridimensional e no detalhamento simplificado do NPa Mangaratiba

Na construção naval, a modelagem tridimensional se consolidou como uma ferramenta estratégica para projetos de engenharia complexos, permitindo simulações, compatibilização de sistemas e visualização antecipada de interferências. Além disso, o detalhamento simplificado desempenha um papel fundamental ao traduzir o modelo em documentos precisos de fabricação e montagem, como desenhos técnicos, instruções de montagem e tabelas de materiais. A combinação dessas duas etapas permite maior controle sobre o projeto, redução de erros em campo e otimização dos processos de produção. Essas ferramentas vêm sendo amplamente utilizadas durante a construção do NPa Mangaratiba, porém, sua aplicação se depara com três grandes desafios que estão apresentados nos parágrafos a seguir.

3.1 Adaptação da Estrutura herdada do Estaleiro EISA

O primeiro desafio enfrentado na modelagem tridimensional do NPa Mangaratiba foi a incompatibilidade entre a estrutura física herdada do Estaleiro Ilha S/A (EISA) e o projeto original. Diante da crise financeira que levou o estaleiro à recuperação judicial, havia pressão para realizar entregas parciais de estruturas e trechos de redes com o objetivo de garantir os pagamentos vinculados por marcos contratuais. Como resultado, observa-se que muitas dessas entregas foram feitas de maneira apressada, sem a devida observância dos padrões construtivos estabelecidos.

A necessidade de retrabalho foi imediata para garantir o alinhamento adequado entre os blocos do navio, cuja montagem apresentava distorções significativas. Em muitos casos, as seções estruturais precisaram ser desmontadas parcialmente, reprocessadas e ajustadas para viabilizar a continuidade da construção conforme os padrões exigidos pela indústria naval. Adicionalmente, observou-se que algumas redes foram instaladas fora da sequência lógica prevista, com prioridade para aquelas de execução mais simples, em detrimento das redes de maior complexidade, diâmetro e comprimento, o que afetou a integração e a execução subsequente das demais redes a bordo. Consequentemente, tais inconformidades resultaram em assimetrias que afetam a confiabilidade do modelo tridimensional derivado do projeto, demandando não apenas correções geométricas no modelo, mas também revisões nos documentos de detalhamento técnico, de modo a garantir sua aderência à realidade da construção.

Neste contexto, a modelagem tridimensional passou a ser empregada como base de validação dimensional e apoio às decisões de retrabalho, permitindo comparar o modelo digital original com a

realidade física encontrada. A falta de documentação formal e consolidada das alterações realizadas no EISA tornou esse processo ainda mais complexo, demandando inspeções locais minuciosas e reengenharia aplicada. Ademais, o detalhamento técnico também teve papel essencial, sendo continuamente revisado para refletir as modificações identificadas em campo e garantir a confiabilidade dos documentos de fabricação e montagem. A coordenação entre engenharia, planejamento e execução foi fundamental para adaptar o projeto às novas condições sem comprometer a qualidade final da embarcação.

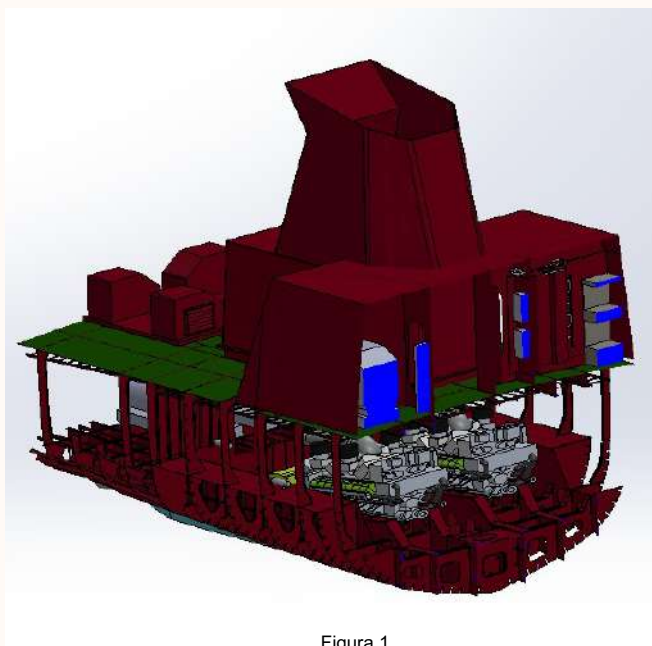


Figura 1
Fonte: Autor

3.2. Mudanças Contínuas no Detalhamento e Reconstrução do Modelo Tridimensional

A engenharia de detalhamento dos NPa Maracanã e Mangaratiba foi conduzida com base no projeto original francês da Classe Vigilante do estaleiro Construction Mécaniques de Normandie pela empresa Ghenova, contratada pela Marinha do Brasil em 2020. A adaptação do projeto para a realidade do AMRJ apresenta desafios significativos, como o surgimento de interferências entre sistemas e incompatibilidades funcionais no detalhamento, exigindo revisões constantes, revalidações, e uma intensa mobilização da equipe técnica local, que enfrentou sobrecarga devido à falta de maturidade no projeto executivo. Além disso, o modelo tridimensional foi entregue em um formato incompatível com a equipe do Arsenal, que não contava com profissionais capacitados para operar o software específico de modelagem utilizado pela empresa, tornando necessária sua completa reconstrução em ambiente compatível com as necessidades da Superintendência de Construção Naval.

Essas limitações impactaram diretamente a gestão do projeto, exigindo reavaliações frequentes de planejamento e adaptações sucessivas no detalhamento e nos processos de produção. A necessidade constante de revisar modelos e documentos dificultou a consolidação de listas de materiais e a definição de sequências construtivas, comprometendo a previsibilidade e a alocação



eficiente de recursos. Embora houvesse interação com a empresa responsável pelo detalhamento, a ausência de um ambiente colaborativo plenamente integrado e pessoal capacitado para realizar alterações no modelo tridimensional, limitaram significativamente o aproveitamento do trabalho realizado e aumentaram a complexidade da execução.

Como resposta a esse cenário, a equipe de engenharia da AMRJ optou por reconstruir integralmente o modelo no software SolidWorks, em substituição ao ambiente FORAN, utilizado pela empresa na modelagem e detalhamento. A escolha foi motivada não apenas pela necessidade de editar e adaptar o modelo à realidade local, mas também pelas vantagens operacionais do SolidWorks, tratando-se de uma ferramenta amplamente difundida nos cursos de formação técnica, com curva de aprendizado acelerada, grande disponibilidade de material de apoio e capacidade de modular o trabalho em diferentes células, o que se mostrou particularmente adequado à estrutura organizacional do AMRJ. A nova modelagem permitiu maior controle técnico, verificações eficientes de interferência e a criação de detalhamentos de fabricação e montagem otimizados para a equipe de produção, resultando em um modelo mais alinhado com as condições reais da construção naval. Essa experiência ressaltou a importância da adoção de ferramentas interoperáveis e de critérios rigorosos para a validação dos entregáveis, reforçando a necessidade de alinhamento efetivo entre projeto e execução desde as etapas iniciais.

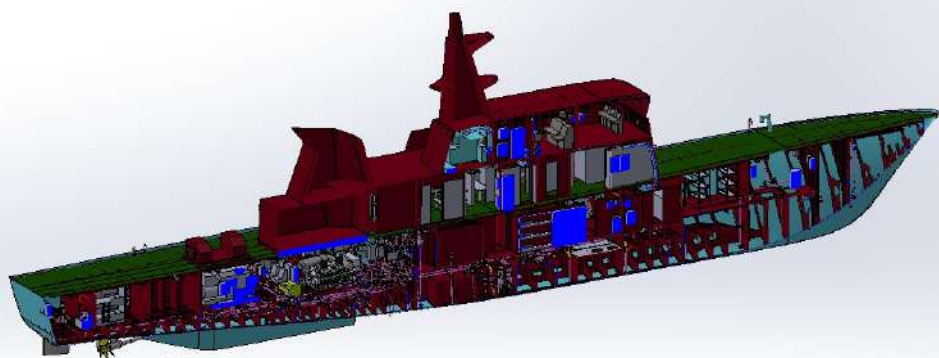


Figura 2
Fonte: Autor

3.3. Integração de Lições Aprendidas do NPa Maracanã

A construção do NPa Maracanã representou um marco importante para o AMRJ, simbolizando a retomada de sua capacidade de construção naval após anos dedicados majoritariamente à manutenção. Ao longo dessa empreitada, surgiram diversos desafios práticos e operacionais, os quais ofereceram um conjunto valioso de lições aprendidas. Essas experiências serviram de base para decisões técnicas mais maduras e embasadas no desenvolvimento do NPa Mangaratiba.

Com base nessas experiências, a equipe técnica do AMRJ adotou uma abordagem proativa na modelagem do NPa Mangaratiba, incorporando melhorias concretas desde a fase de concepção. A modelagem tridimensional deixou de ser apenas uma representação do projeto, passando a cumprir um papel

decisivo na análise construtiva. O arranjo interno de alguns compartimentos foram reformulados para permitir melhor acesso aos equipamentos e racionalizar os caminhos de dutos e cabos, reduzindo conflitos entre sistemas. Além disso, volumes foram redistribuídos de forma mais eficiente, priorizando soluções que facilitassem a instalação, manutenção e inspeção ao longo da vida útil da embarcação. A reconstrução do modelo tridimensional possibilitou a identificação precoce de interferências e a validação técnica das soluções adotadas, proporcionando um planejamento mais preciso e maior integração entre projeto e execução. Esse processo se traduziu em maior previsibilidade, menor retrabalho e um detalhamento técnico mais simples, o que contribuiu para o melhor aproveitamento dos recursos humanos e materiais.

Essa evolução no uso da modelagem tridimensional, integrada a um detalhamento simplificado que conecta o modelo às necessidades da obra, reforça o compromisso do AMRJ com a melhoria contínua de seus processos. A conversão das lições aprendidas em decisões técnicas mais robustas demonstra o amadurecimento da organização na condução de projetos complexos e aponta para um novo patamar na construção naval. A experiência acumulada com o Maracanã, somada à capacidade de adaptação e inovação no Mangaratiba, fortalece a engenharia do Arsenal, sinalizando uma trajetória promissora na retomada da capacidade de construção naval militar pela Marinha do Brasil.

4. Estratégia construtiva: do processo licitatório à fiscalização dos contratos

Diante do atual cenário de escassez de mão de obra qualificada no Arsenal de Marinha para a execução dos serviços inerentes à construção dos Navios-Patrolha, a alternativa viável tem sido a contratação de serviços. A experiência acumulada com o NPa Maracanã, cuja construção foi viabilizada por meio de contratos originalmente voltados à manutenção, evidenciou limitações e dificuldades na aplicação desses instrumentos em um contexto de construção naval propriamente dita. Tais contratos não contemplavam, de

forma satisfatória, a complexidade técnica, a necessidade de integração entre sistemas e as particularidades de um processo construtivo completo.

Com base nesses aprendizados, para viabilizar a construção do NPa Mangaratiba, a Superintendência de Construção Naval do AMRJ passou a desenvolver um novo modelo de contratação para o Arsenal, pautado na elaboração de diversos contratos por escopo, segmentados pela natureza técnica dos sistemas da embarcação e dos serviços especializados a serem prestados. Esse modelo de contratação prevê um escopo bem definido, onde o vínculo contratual extingue-se após a prontificação do objeto da contratação. Essa abordagem visa maior especialização, controle e eficiência na execução das atividades relacionadas ao NPa Mangaratiba. Assim, os contratos passaram a abranger áreas técnicas específicas — como estruturas metálicas, redes,



sistemas de máquinas, elétrica e eletrônica embarcada — muitas vezes exigindo também a atuação de equipes multidisciplinares. Consequentemente, a fiscalização desses contratos também passou a demandar o acompanhamento de profissionais especializados em diversas áreas, o que impõe desafios adicionais de coordenação, controle técnico e supervisão contratual.

A elaboração dos contratos segue um planejamento rigoroso que leva em consideração o grau de complexidade das atividades, a prioridade de execução, os recursos financeiros disponíveis e a interdependência entre os diversos sistemas da embarcação. Esse planejamento é fortemente embasado nas lições aprendidas durante o desenvolvimento do NPa Maracanã e nas atuais lições referentes ao NPa Mangaratiba, permitindo a melhoria contínua dos processos internos da Superintendência.

As contratações realizadas pela Marinha do Brasil seguem os trâmites estabelecidos na Lei nº 14.133/2021 (Lei de Licitações e Contratos Administrativos), observando as seguintes etapas: planejamento da contratação; elaboração e publicação do edital; fase de seleção e julgamento; habilitação; adjudicação e homologação; e, por fim, assinatura do contrato.

Dentre essas fases, o planejamento da contratação é particularmente crítico, pois estabelece os parâmetros que garantirão uma contratação eficiente, econômica e alinhada às necessidades da Administração. Nessa etapa, define-se a modalidade de licitação mais adequada e são elaborados os documentos técnicos do processo, os quais demandam elevado grau de detalhamento e rigoroso planejamento.

Entre os principais desafios enfrentados pelo Setor Técnico e pela Equipe de Planejamento, destaca-se a definição das exigências de qualificação técnico-operacional e técnico-profissional das empresas licitantes. Essas exigências são fundamentais para garantir que as empresas vencedoras tenham plena capacidade de executar, com segurança e competência, os serviços previstos nos contratos. Contudo, é necessário também assegurar que essas exigências não sejam excessivamente restritivas, a ponto de inviabilizar a competitividade do certame. Dessa forma, busca-se sempre o equilíbrio entre a qualificação técnica exigida e a ampliação do universo de potenciais fornecedores.

Outro aspecto sensível diz respeito à possibilidade de subcontratação. Considerando a natureza multidisciplinar dos contratos, muitas vezes as empresas contratadas não possuem, em seu quadro permanente, todos os profissionais especializados necessários para a execução de determinadas atividades. Nesses casos, a subcontratação de serviços específicos pode ser admitida, desde que prevista previamente nos documentos de planejamento e adequadamente regulamentada no edital. Essa previsão visa garantir a continuidade e a qualidade dos serviços, sem prejuízo ao controle técnico por parte da Administração.

A interdependência entre os sistemas da embarcação impõe um desafio adicional à fase de planejamento: a necessidade de elevado grau de detalhamento técnico nos documentos contratuais, de forma a delimitar com precisão as responsabilidades da contratada e da contratante, e evitar sobreposição ou lacunas entre contratos distintos. Tal clareza é essencial para prevenir conflitos na execução e assegurar as incumbências de cada agente envolvido.

A elaboração do cronograma físico-financeiro de cada contrato também se apresenta como um ponto crítico. Devido à complexidade e às interconexões entre os sistemas da embarcação, atrasos em uma única etapa podem comprometer significativamente o cronograma global da obra. Para mitigar esse risco, é elaborado um mapa de riscos durante a fase de planejamento, identificando potenciais pontos de estrangulamento e estabelecendo ações preventivas e de contingência voltadas à manutenção do andamento da construção.

No decorrer da execução contratual, a fiscalização tem identificado oportunidades de melhoria a serem incorporadas nas contratações subsequentes. Um exemplo é a necessidade de aprimorar o detalhamento do cronograma físico-financeiro, fracionando-o em etapas mais bem definidas. Essa medida visa evitar longos períodos sem faturamento por parte da contratada, o que pode comprometer sua capacidade financeira e operacional. Um fluxo de caixa contínuo e equilibrado favorece a estabilidade da execução contratual e reduz o risco de paralisações por dificuldades econômicas.

Além disso, a análise dos resultados obtidos nas fases de licitação e execução, bem como das dificuldades

enfrentadas pelas contratadas e pelo setor requisitante, tem indicado a conveniência de reavaliar a forma como os sistemas da embarcação são agrupados nas contratações. Em alguns casos, a segmentação excessiva gera interfaces complexas de gerenciar; em outros, a unificação de escopos diversos pode resultar em baixa especialização técnica. Assim, a busca por arranjos contratuais mais eficientes, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico, permanece como um objetivo contínuo da Superintendência que visa implementar melhorias no processo contratual para construção do NPa *Miramar*.

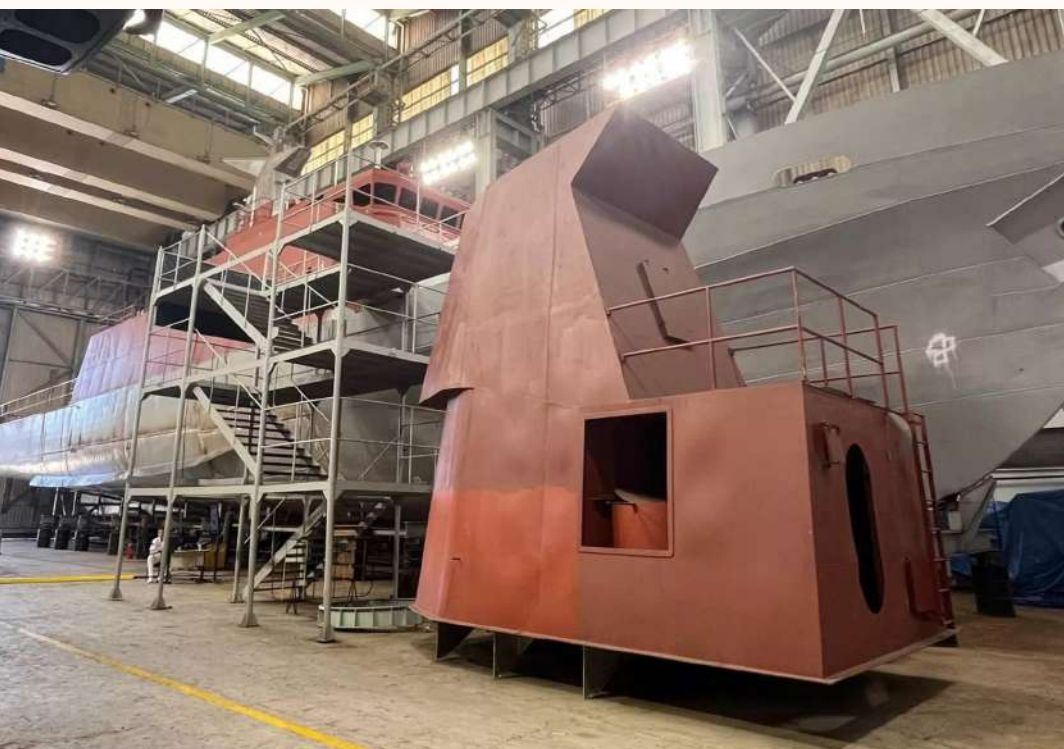


Figura 3 - Construção do Navio-Patrolha Miramar
Fonte: cdn.noticiabrasil.net.br



5. Conclusão

É visível que as lições aprendidas com a construção do NPa Maracanã estão sendo levadas em consideração, obtendo assim as vantagens da construção de navios da mesma classe, que possuem desafios similares, utilizando-se de soluções em comum, ou aprimoradas. A robustez que a antiga Gerência de Construção Naval desenvolveu fica clara até mesmo na estrutura que a mesma representa dentro do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, tendo tornado-se uma SuperIntendência. Os desafios são inúmeros, mas com planejamento, aproveitamento dos conhecimentos de todos os colaboradores, sejam eles civis, com vasta experiência em estaleiros civis, militares, com vasta experiência em construção e manutenção de navios e funcionários de empresas terceirizadas, contratados conforme demanda e necessidade técnica específica, agregam muito valor ao desenvolvimento do projeto e os objetivos da Marinha

do Brasil e do país.

O desenvolvimento de contratos cada vez mais adequados às necessidades da Marinha do Brasil gera retornos financeiros, por meio da melhor definição de critérios de qualificação técnica, da exigência de ferramentas compatíveis com a realidade do AMRJ e da garantia de entregáveis efetivamente utilizáveis pelas equipes locais. Além disso, a centralização de serviços por similaridade, com a contratação de uma quantidade menor de empresas, promove economia de escala. Também se observa melhoria na qualidade e celeridade dos serviços, ao permitir a antecipação e correção de interferências antes da instalação, através da utilização de maquete eletrônica, reduzindo retrabalhos e otimizando o planejamento e a execução da produção.

A aplicação destas ferramentas técnicas e de gestão deixam clara a maturidade que o Arsenal de Marinha vem desenvolvendo ao abraçar os desafios da construção dos Navios-Patrolha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MARINHA DO BRASIL. Entrega do Navio-Patrolha "Maracanã" marca retomada da construção naval no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.agencia.marinha.mil.br/index.php/defesa-naval/entrega-do-navio-patruha-a-maracana-marca-retomada-da-construcao-naval-no-arsenal-de>. Acesso em: 16 maio 2025.

NAVAL. Ghenova concluirá dois NaPa para a MB. Disponível em: <https://www.naval.com.br/blog/2020/02/12/ghenova-concluira-dois-napa-para-a-mb/>. Acesso em: 16 maio 2025.

O GLOBO. Estaleiro Eisa fecha as portas e demite 3 mil metalúrgicos. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/estaleiro-eisa-fecha-as-portas-demite-3-mil-meta-lurgicos-18289912>. Acesso em: 16 maio 2025.

PEREIRA, Newton Narciso; LAURINDO, Fernando José Barbin. A importância da Tecnologia da Informação na indústria de construção naval: um estudo de caso. Revista Produção, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 508–521, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/XQyWYkxgBjtGxnHBXYJQrCv/?lang=pt>. Acesso em: 15 maio 2025.

AUTORES



Primeiro-Tenente (EN) JOICE Fernandes CARRARA

Engenheira Naval pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Mestre em Logística e Transporte Aquaviário pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE-UFRJ). Encarregada de Estruturas, Acabamento e Blindagem da Gerência de Construção de Embarcações Acima de 200 toneladas do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ).



Primeiro-Tenente (RM2-EN) Verônica da Rocha WEAVER

Engenheira Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Mestre em Engenharia Mecânica – Termociências pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Encarregada da Seção de Máquinas da Superintendência de Construção Naval do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro.



Primeiro-Tenente (EN), Vitor Seiji Andrade TATEMOTO

Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e École Nationale d'Ingénieurs de Saint-Étienne (ENISE), Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina. Ajudante da Divisão de Redes da Superintendência de Construção Naval do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ).



Terceiro Sargento (ML) CAMILA de Paula PACHECO

Técnica em Metalurgia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais. Graduada em Administração e Pós-graduada em Gerenciamento de Projetos pelo Centro Universitário Estácio Sá de Juiz de Fora. Auxiliar da Superintendência de Construção de Meios de Superfície da Diretoria Industrial da Marinha.





ANÁLISE DE VIBRAÇÃO APLICADA A MANUTENÇÃO PREDITIVA DE MÁQUINA-FERRAMENTA ROTATIVA CNC NA MARINHA DO BRASIL: UMA ABORDAGEM PARA A INDÚSTRIA NAVAL

Resumo

A manutenção preditiva é essencial para garantir a operacionalidade do maquinário industrial e naval. Neste estudo de caso, focamos na análise de vibração como uma técnica para detectar falhas precocemente e desenvolver planos de manutenção proativos. Demonstramos na prática como essa análise é aplicada em máquinas rotativas, exemplificando com o torno CNC, comum em estaleiros. A implementação da manutenção preditiva, com base em análises de vibrações, pode garantir eficiência, segurança e redução de custos, além de aumentar a confiabilidade operacional e prevenir paradas inesperadas.

Objetivo

Este artigo tem como intuito demonstrar como a análise de vibração pode ser utilizada de forma proativa para o planejamento da manutenção. Utilizaremos o torno CNC como exemplo de máquina rotativa e abordaremos fontes, efeitos e métodos de detecção de vibrações. Destacaremos as técnicas de coleta de dados, os resultados obtidos na análise e as implicações para o uso da manutenção preditiva neste contexto.

1. Introdução

Como a manutenção afeta diretamente o tempo de inatividade e a disponibilidade, ela é essencial para o bom funcionamento de plantas industriais e instalações navais. A capacidade de um meio naval reduzir o tempo de inatividade, aumentar a segurança e otimizar a disponibilidade dos equipamentos de produção é consequência da filosofia de manutenção escolhida.

1.1. Filosofias de Manutenção

A indústria geralmente adere às seguintes filosofias de manutenção:

- Manutenção reativa: Também chamada de manutenção de falha ou corretiva, é feita em resposta a um mau funcionamento do equipamento que causa interrupções não programadas da planta, perda de produção e uma necessidade substancial de estoques de peças sobressalentes.

- Manutenção proativa: Também chamada de manutenção de falha ou corretiva, é feita em resposta a um mau funcionamento do equipamento que causa

interrupções não programadas da planta, perda de produção e uma necessidade substancial de estoques de peças sobressalentes.

- Manutenção preventiva: Também conhecida como manutenção baseada no tempo, é realizada de acordo com um cronograma pré-determinado determinado pelo calendário, número de ciclos do equipamento ou horas de operação. Embora diminua a probabilidade de falhas, pode ser mais caro e causar tempos de inatividade frequentes, especialmente em dispositivos que não são propensos à deterioração com o tempo e ao melhor interesse de seu fabricante e projetista.

- Manutenção proativa: Também chamada de manutenção baseada em condições ou preditiva, é muito benéfica, pois permite que as falhas sejam identificadas com antecedência, eliminando a necessidade de manutenção calendarizada. Este método exige a verificação rotineira da condição do equipamento usando métodos de teste não destrutivos, como análise de vibração, termografia infravermelha e ultrassom. Quando se trata de equipamentos vitais, a manutenção proativa funciona especialmente bem, reduzindo o tempo de inatividade e facilitando o gerenciamento eficiente de recursos.

1.2. Manutenção Preventiva

A manutenção é realizada por meio da coleta de dados por monitoramentos e inspeções, cuja frequência e métodos são determinados para cada equipamento. Por meio da predição, é possível calcular a vida útil de cada componente do equipamento, ampliando ou reduzindo conforme as variáveis às quais o equipamento está exposto, em relação ao garantido pelo fabricante [4]. Além disso, é possível prever interferências em determinados elementos, eliminando a necessidade de desmontagens desnecessárias. Assim, usada como ferramenta para aumentar a confiabilidade da produção e reduzir os custos de manutenção.

A filosofia de trabalho que evita a supermanutenção, baseada em pesquisas de engenharia sobre os ciclos de manutenção otimizados, busca determinar o melhor período para a manutenção, reduzir o volume de trabalho da manutenção preventiva e evitar avarias abruptas. Além disso, visa aumentar a vida útil das máquinas, peças e componentes, melhorar a taxa de operação eficaz do equipamento, reduzir os custos de manutenção, melhorar a qualidade do produto e aumentar o nível de precisão da manutenção do





equipamento [7]. Essa abordagem é respaldada pelo conhecimento dos fenômenos de vibração e pelas normas como a ABNT NBR 10082, 10272, 10273 e 15928, e a norma ISO 10816, que permitem detectar vibrações excessivas, fazer um diagnóstico e prever tendências de falha.

1.3 O Papel da Análise de Vibrações

Desde os primórdios da construção de máquinas, especialmente das rotativas, a minimização e isolamento das vibrações têm sido áreas de grande destaque. Com o avanço dessas técnicas, a demanda por medições precisas tornou-se cada vez mais evidente. Nos últimos 15-20 anos, observou-se o desenvolvimento de equipamentos modernos de medição voltados para a análise de máquinas de alta carga e velocidade. [5]

A análise de vibração desempenha papel fundamental na manutenção preditiva, identificando defeitos e falhas em máquinas antes que levem à paralisação do equipamento. Isso não apenas aumenta a vida útil dos ativos, mas também minimiza os períodos de inatividade. Por este meio, é possível identificar defeitos não óbvios, permitindo a implementação de ações de manutenção proativas [6]. Ao quantificar os níveis de vibração e analisar os dados resultantes, as organizações podem monitorar a condição de suas máquinas de forma eficaz, prever falhas potenciais e evitar danos dispendiosos aos equipamentos e processos de produção.

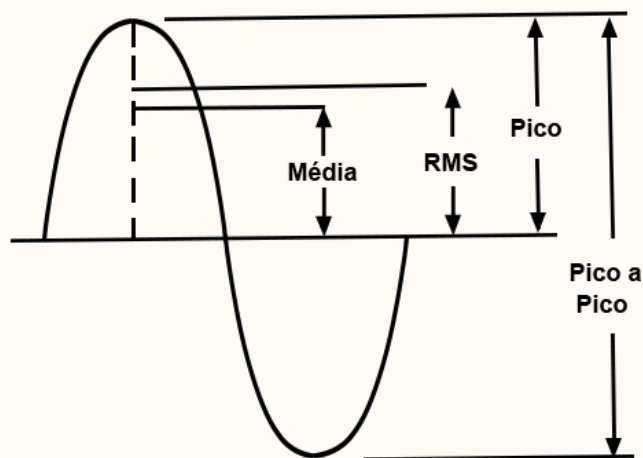
A manutenção preditiva por análise de vibração é concluída com base nos dados coletados por equipamentos específicos que detectam condições de vibração excessiva, e o diagnóstico e a análise de tendência de falha são realizados com base nesses dados. Portanto, quaisquer defeitos ou deficiências podem ser apontados com antecedência e um plano de ação para corrigir o problema pode ser traçado para evitar paradas acidentais e desnecessárias do equipamento.

O registro da vibração é feito por sensores estrategicamente posicionados na máquina, que convertem a energia mecânica da vibração em sinais elétricos. Esses sinais são enviados para equipamentos de gravação ou analisadores de vibração, onde são armazenados e interpretados por especialistas. Os sistemas e instrumentos utilizados para monitorar regularmente a vibração podem ser divididos em três níveis: medidor de vibração global (sem filtro), medidor de vibração com análise de frequência (com filtro) e analisador de frequência de transformada de Fourier, sendo este último indicado para análises de frequência com largura de filtro muito estreita. Todos os sensores devem ser calibrados periodicamente por uma instituição certificada e autorizada para essa atividade.

1.4 Características de Vibração

As vibrações em máquinas podem ser quantificadas em termos de aceleração, velocidade e deslocamento. O deslocamento pico a pico é geralmente medido em milímetros ou microns, enquanto a velocidade é comumente medida em polegadas por segundo ou milímetros por segundo, podendo ser expressa em formatos de pico ou RMS. A aceleração é frequentemente medida em g e expressa em termos de pico conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 Valores de Onda



Fonte: Athos eletronic, (2016)

A fase descreve o movimento de uma máquina em relação a uma referência fixa. Ela mostra como os pontos de uma máquina se movem em relação uns aos outros, como a localização das duas extremidades do eixo quando ele gira [2]. Existem várias características relevantes, sendo dignas de nota a amplitude, que ajuda a determinar a gravidade da falha; a frequência, que auxilia na determinação da origem da falha; e a fase, que auxilia na identificação da origem da falha.

O comportamento dos componentes de uma máquina quando submetidos a forças internas ou externas pode ser chamado de vibração. Essas vibrações podem gerar diversas falhas mecânicas, tornando a análise dessas vibrações crucial para o monitoramento da condição da máquina. Ao coletar dados de vibração mecânica, é gerado um sinal, uma onda mecânica, que pode ser caracterizado por sua amplitude e frequência [8]. A frequência, que indica o número de vezes que um comportamento se repete em um período de tempo, é um indicativo do tipo e causa da falha da máquina. Já a amplitude, que representa o tamanho do sinal, é um indicativo do grau da falha na máquina - quanto maior a amplitude, maior a vibração e o grau do problema.

A vibração pode ser comparada ao movimento de uma corda de violão, que ao ser tocada produz som devido à força que a faz vibrar. A corda, que estava em repouso, começa a se movimentar de um lado para o outro, atingindo seu ponto máximo em ambos os lados - esse ponto máximo é conhecido como amplitude de deslocamento. A frequência de vibração é quantas vezes a corda executa esse ciclo em um determinado tempo.

2. Como Estudar e Analisar Dados de Vibração

2.1 Quantificando o Nível de Vibração

A metodologia empregada para coleta e conclusão utiliza o método de "falha maior detectada". Nesse método, apenas os espectros e análises que detectam falhas são destacados nos relatórios, enquanto aqueles que estão dentro da normalidade não são incluídos. Em casos de defeitos semelhantes, como uma falha no rolamento identificada em dois pontos de coleta, apenas o espectro do ponto com maior valor de vibração é representado.



Os valores para a correção de defeitos são baseados em uma tabela que classifica as prioridades em cores e números: 1 - Urgência (vermelho), 2 - Oportunidade (amarelo), 3 - Normal (verde). [1]

Figura 2 ISO 10816 (Adaptado)

Limite Vibração (mm/s ²)	até 20cv	até 100cv	> 100cv Base Rígida	> 100cv Base Flexível
0,28	Longo	Longo	Longo	Longo
0,45				
0,71				
1,12				
1,8				
2,8	Curto			
4,5				
7,1	Manutenção	Curto	Curto	
11,2		Manutenção		Curto
18,28			Manutenção	
45				Manutenção

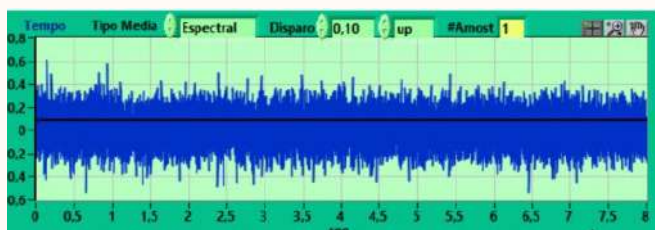
Fonte: Tabela DIN ISO 10816-3 Modificada

Quando o nível de vibração está dentro da área normal (verde), significa que o equipamento está operando normalmente, sem falhas detectadas. A área de oportunidade (amarelo) indica que o equipamento apresentou alguma falha e é aconselhável corrigi-la durante uma oportunidade de parada de produção, geralmente ocorrendo uma vez por mês. A área vermelha representa o nível de urgência, indicando que a falha detectada deve ser corrigida o mais rápido possível. Nesses casos, é aconselhável utilizar um plano de manutenção de emergência.

2.2 Função de Tempo e Frequência

A forma de onda temporal, na Figura 3, consiste nos dados brutos geralmente adquiridos pelo analisador e desempenha um papel vital no processo de análise. As unidades de amplitude e os valores de pico a pico de aceleração são o foco inicial do analista. A amplitude reflete a gravidade da vibração ao longo do tempo. Esses dados representam a vibração da máquina enquanto está em funcionamento.

Figura 3 - Dado Bruto (m/s²) x s



Fonte: Elaborado pelo Autor

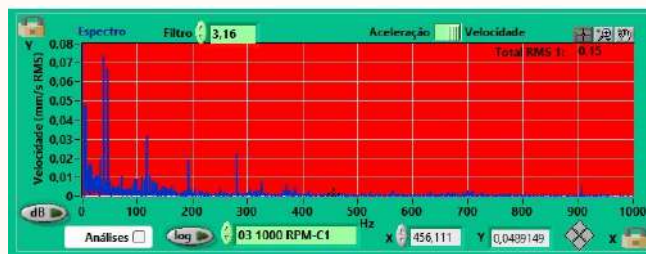
A forma de onda temporal contém informações críticas, sendo a fonte para gerar os dados espectrais e os dados de tendência comumente utilizados na detecção de falhas. O comprimento da forma de onda deve ser suficientemente longo para incluir 10 a 15 rotações do eixo.

2.3 Fast Fourier Transform (FFT) Transformada de Fourier

A análise de sinais determinísticos aborda as características essenciais do tratamento de sinais utilizados na análise de vibrações. O objetivo é apresentar os princípios fundamentais da análise de sinais para auxiliar no entendimento e maximizar os benefícios oferecidos pelos analisadores modernos. Também são abordadas algumas formas de combinações de sinais que geram batimentos e modulações.

Os sinais reais encontrados na análise de vibrações nem sempre possuem a forma clássica dos sinais utilizados nos desenvolvimentos matemáticos, que são amplamente explorados por técnicos e especialistas. Um sinal qualquer $x(t)$, em função do tempo, como exemplificado na Figura 3, pode ser descrito em termos de suas componentes de frequência pelo chamado Espectro de Frequência do Sinal, conforme ilustrado na Figura 4. Matematicamente, essa transposição do sinal do domínio do tempo para o domínio da frequência corresponde à Transformada Rápida de Fourier (FFT). Explicitado na Equação (1) onde, $X(t) \Rightarrow \text{FFT} \Rightarrow X(f)$. Onde: $X(f)$ representa a Transformada de Fourier de $X(t)$.

Figura 4 - Transformada de Fourier



Fonte: Elaborado pelo Autor



3. Estudo de Caso

Neste estudo de caso, realizamos a análise de vibração no torno CNC ROMI CENTUR 35D, fabricado em 2020 e recentemente revisado. Utilizamos uma abordagem cuidadosa e sistemática, preparando a máquina conforme as especificações do fabricante e utilizando equipamentos de medição adequados. Realizamos medições em diferentes rotações da máquina, tanto em condições normais quanto com desbalanceamento introduzido de forma controlada. A análise dos dados foi feita utilizando a Transformada de Fourier, identificando frequências predominantes e avaliando o estado da máquina.

3.1 Metodologia

Para a análise de vibração no torno recém-saído da garantia, foi adotada uma abordagem cuidadosa e sistemática, visando garantir a precisão e confiabilidade dos resultados. Antes de iniciar as medições, a máquina foi preparada conforme as especificações do fabricante. Foram utilizados equipamentos de medição adequados, como acelerômetros, analisadores de vibração e software especializado conforme figura 5 que são o SAVERA no Toughbook Panasonic CF-U1.

Figura 5 - Montagem dos sensores no Torno CNC



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A medição se deu em condições normais de funcionamento. Inicialmente, foram realizadas medições em diferentes rotações (500, 1000 e 1500 rpm) da máquina, com o objetivo de avaliar seu comportamento vibracional em condições normais de funcionamento. Essas medições foram feitas em pontos estratégicos da máquina, próximo ao rolamento ZZ da placa universal, de acordo com as recomendações do fabricante.

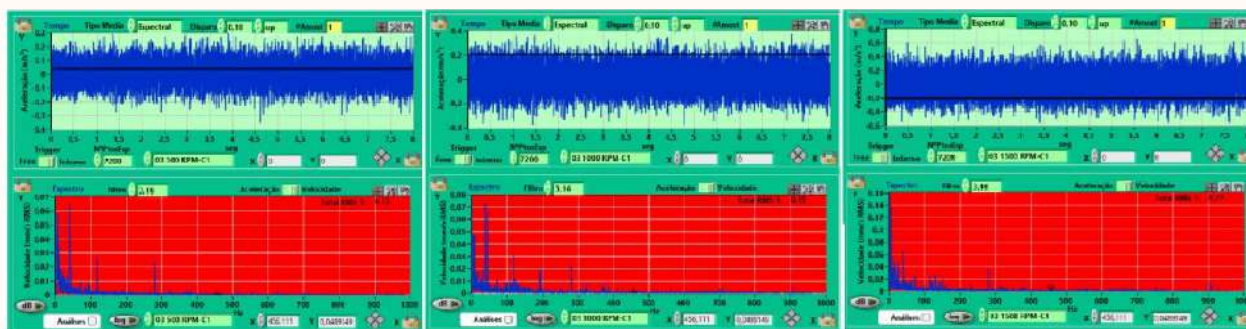
Com o objetivo de acentuar eventual defeito, antecipando-se máquina em boas condições, será feita a introdução de desbalanceamento por um peso na placa universal da máquina. Isto foi feito soltando-se a barra cilíndrica a ser usinada da sua luneta pendendo-se sobre seu próprio peso. O erro colocado foi feito de forma controlada e segura, garantindo que a máquina não sofresse danos durante o teste. Então serão realizadas novas medições de vibração ao longo do tempo. Essas medições foram feitas nos eixos axial, radial horizontal e radial vertical da máquina, com o objetivo de avaliar o impacto do desbalanceamento na vibração da máquina.

Por fim os dados de vibração são cuidadosamente analisados utilizando processamento de sinais, incluindo a Transformada de Fourier. Este resultado permitiu identificar as frequências de vibração predominantes. Nesta etapa foi possível apurar o estado da máquina e identificar possíveis problemas. Essas informações foram utilizadas para desenvolver um plano de manutenção preditiva, visando garantir a operação segura e eficiente da máquina a longo prazo.

3.2 Coleta de Dados e Resultados Obtidos

Após as medições realizadas no torno CNC ROMI CENTUR 35D se apresentam nos gráficos na Figura 6 que mostram as medidas de vibração em diferentes condições de funcionamento, bem como os espectros de frequência obtidos a partir da análise dos dados. Esses dados foram interpretados à luz dos objetivos da análise de vibração, visando identificar possíveis problemas na máquina e orientar a implementação de medidas corretivas e preventivas. Na sequência foi realizada nova campanha de medição idêntica, mas com o desbalanceamento proposital introduzido na Figura 7.

Figura 6 - Medição de Velocidade (mm/s) @ 500, 1000 e 1500 rpm. (a) Axial, (b) Radial Horizontal e (c) Radial Vertical

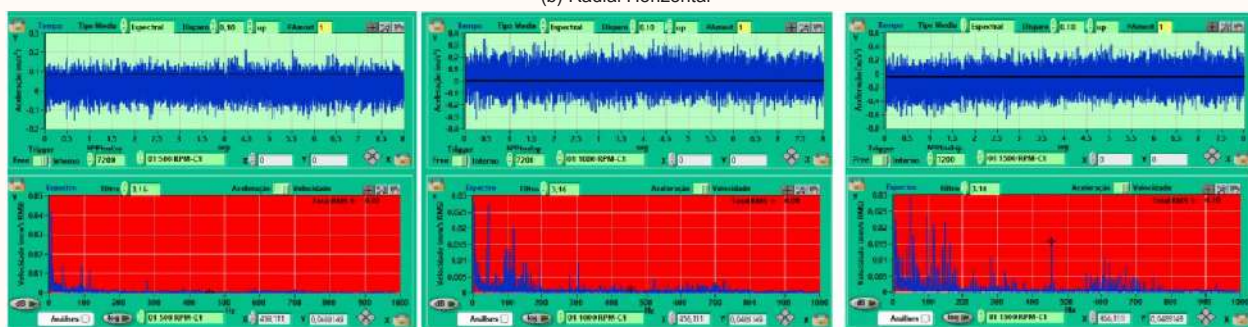


(a) Axial





(b) Radial Horizontal



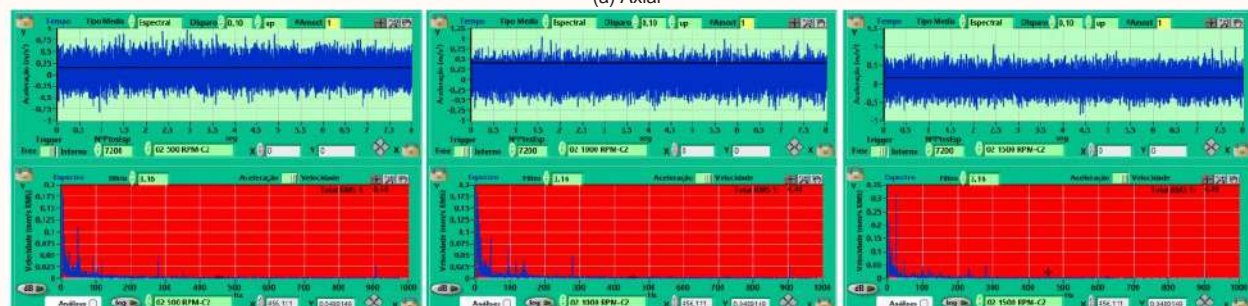
(c) Radial Vertical Fonte:

Elaborado pelo Autor

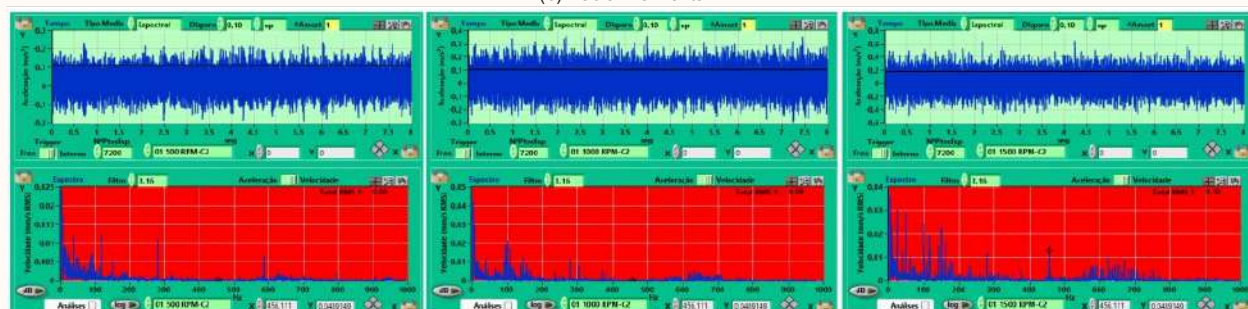
Figura 7 - Medição com Desbalanceamento Velocidade (mm/s) @ 500, 1000 e 1500 rpm. (a) Axial, (b) Radial Horizontal e (c) Radial Vertical



(a) Axial



(b) Radial Horizontal



(c) Radial Vertical

Fonte: Elaborado pelo Autor



3.3 Resultados e Discussões

Nesta seção, serão apresentados os resultados da análise de vibração realizada no torno CNC ROMI CENTUR 35D. Os dados obtidos do acelerômetro foram processados para gerar dados de aceleração em função do tempo, bem como suas respectivas transformadas de Fourier, representando a velocidade em mm/s RMS em função da frequência em Hz.

Esses dados fornecem informações detalhadas sobre os níveis de vibração em diferentes frequências, permitindo identificar padrões de vibração característicos da máquina. A partir desses resultados, será possível analisar a presença de harmônicos e picos de vibração, indicativos de possíveis problemas na máquina. A Figura 8 resume os resultados gerais dos harmônicos, com destaque para os picos de maior magnitude.

Figura 8 - Resultados de Pico para Velocidade RMS por Eixo e Rotação. (a) Sem Desbalanceamento Forçado, (b) Com Desbalanceamento Forçado e (c) Crescimento da Vibração com Deslocamento Forçado.

Rotação (rpm)	Velocidade RMS (mm/s)		
	Axial	Radial Horizontal	Radial Vertical
500	0,15	0,15	0,27
1000	0,23	0,22	0,47
1500	0,07	0,08	0,10

(a)

Rotação (rpm)	Velocidade RMS (mm/s)		
	Axial	Radial Horizontal	Radial Vertical
500	0,26	0,28	0,27
1000	0,44	0,44	0,49
1500	0,06	0,09	0,10

(b)

Rotação (rpm)	Velocidade RMS (mm/s)		
	Axial	Radial Horizontal	Radial Vertical
500	73,3%	86,7%	0,0%
1000	91,3%	100,0%	4,3%
1500	-14,3%	12,5%	0,0%

(c)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com base nos resultados apresentados, observou-se que o torno CNC ROMI CENTUR 35D apresentou valores de vibração dentro dos limites aceitáveis, mesmo após a introdução de um desbalanceamento na placa universal. O maior valor absoluto medido de velocidade RMS foi de 0,49 mm/s no sensor Radial Vertical a 1000 rpm, o que representa um aumento insignificante em relação ao valor inicial de 0,47 mm/s. Entretanto houve aumento de 100% na medição em Radial Horizontal a 1000rpm.

É importante destacar que, mesmo com o desbalanceamento introduzido, os valores de vibração permaneceram abaixo do limite de 2,8 mm/s conforme mostrado na Figura 2 e estabelecido pela norma ISO 10816 para uma potência de 33,99 cv (25kVA), indicando que a máquina está liberada para uso de longo prazo. Esses resultados confirmam a eficácia da manutenção preditiva realizada no equipamento, garantindo sua operação dentro dos parâmetros esperados e contribuindo para a prevenção de possíveis falhas.

As Figuras 6 e 7 apresentam os espectros de frequência e os harmônicos obtidos durante a análise de vibração. Nota-se que, apesar da introdução do desbalanceamento, não foi possível detectar claramente sua presença nos espectros. Isso sugere que a máquina está operando dentro dos parâmetros normais, o que é esperado de um equipamento novo e bem mantido.

No entanto, foi observada a presença de um pico de harmonização em torno de 900 Hz (correspondente a 5500 rpm), que pode indicar uma relação de batida de engrenamento na caixa de transmissão/redução. É importante destacar que o valor desse pico, de 0,015 mm/s, é considerado baixo demais para um diagnóstico. Apesar disso, o fato de ser um comportamento cíclico sugere a necessidade de reavaliação e monitoramento futuro, a fim de verificar se há alguma evolução que possa levar a ressonância ou falha.

4. Conclusão

4.1) A introdução do desbalanceamento na placa universal resultou em um aumento significativo na leitura de vibração demonstrando a sensibilidade do equipamento em detectar alterações nas condições de operação, o que pode ser valioso para a detecção precoce de possíveis problemas.

4.2) Os resultados obtidos durante a análise de vibração indicam que o torno CNC ROMI CENTUR 35D se comporta como uma máquina nova, mesmo após a introdução do desbalanceamento. Isso demonstra a eficácia da manutenção preventiva realizada no equipamento.

4.3) Os valores de vibração medidos permaneceram abaixo do limite de 2,8 mm/s estabelecido pela norma ISO 10816 para uma potência de 33,99 cv (25kVA) fabricada em 2020 e com menos de 1000 horas de funcionamento, corroborando que a máquina está liberada para uso de longo prazo como máquina nova.

4.4) A presença de um pico de harmonização em torno de 900 Hz sugere possível relação de batida na caixa de transmissão/redução. Apesar de o valor de pico ser baixo para diagnóstico, o comportamento cíclico observado tem indicação de monitoramento contínuo para verificar evolução que possa levar a ressonância ou falha.

4.5) A análise de vibração como ferramenta de manutenção preditiva realizada no torno CNC ROMI CENTUR 35D demonstrou ser eficaz para monitorar a condição da máquina e identificar possíveis problemas.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA M., Almeida F. Princípios de Diagnósticos de Defeitos em Máquinas Rotativas. FUPAI/MTA. Itajubá. 2020

CYRINO, L. Análise de vibração - método de preditiva. Manutenção em foco, 08 abr. 2015.

LEE, S.B.; Stone, G.C.; Antonino-Daviu, J.; Gyftakis, K.N.; Strangas, E.G.; Maussion, P.; Platero, C.A. Condition monitoring of industrial electric machines: State of the art and future challenges. IEEE Ind. Electron. Mag., 14, 158–167. 2020.

MATHEW J. and Alfredson R. J. The Condition Monitoring of Rolling Element Bearings Using Vibration Analysis, Journal of Vibration, Acoustics, Stress, and Reliability in Design, 106, pp. 447-456. 1984

MOBLEY, R. Keith. An introduction to predictive maintenance. 1943

MONCHY, F. A função manutenção. São Paulo: DURBAN, 1989.

SHUKLA, K.; Nefti-Meziani, S.; Davis, S. A heuristic approach on predictive maintenance techniques: Limitations and scope. Adv. Mech. Eng. 2022

SUTAR, S, Warudkar, V. and Sukathankar, R. "Vibration Analysis of Rotating Machines with Case Studies." International journal of scientific & technology research, 7(7), pp. 70-76. 2018

AUTOR



VANDER Vieira Borges Apolinário

Engenheiro Mecânico Formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro,

Mestre em Ciências em Termociências, Biodiesel e Motores (UFRJ),

Pós-graduado Engenheiro de Produção (AVM).

Experiência de 4 anos em Energia Eólica e 15 anos na Marinha,

Incluindo Missões Internacionais de inspeção e Reparo.

Habilidades em Gestão de Projetos, Programação CNC,

Usinagem, Metrologia, e Manutenção Preditiva. Líder de Equipes

de 100 Profissionais, Focado em Inovação e Excelência Operacional.

CONCURSO DE FOTOGRAFIA
PARTICIPANTE 2ºSG-BA AVELAR



Docagem do NAM Atlântico (A-140) no Dique Alte Régis



ESTUDO DE CASO SOBRE CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DE LIGAS METÁLICAS NO AMRJ



Resumo

Este artigo apresenta a atuação da Divisão de Laboratórios do AMRJ na análise e caracterização de ligas metálicas. A partir de um caso real, envolvendo a fratura de um parafuso do leme de um navio da OPERANTAR, são descritos os procedimentos laboratoriais realizados e a análise técnica que levou à proposição de um novo material mais adequado às condições ambientais extremas. O objetivo central é demonstrar a importância da escolha correta de materiais em ambientes severos, sobretudo aqueles expostos a baixas temperaturas.

Palavras-chave: fratura frágil, temperatura de transição dúctil-frágil, seleção de materiais.

Introdução

A Divisão de Laboratórios do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ) tem a capacidade de analisar e caracterizar quimicamente, mecanicamente e microestruturalmente ligas metálicas diversas, sendo composta por um corpo técnico capaz de avaliar se tais materiais atendem aos requisitos de projeto, normativos ou de campo. Por esta razão, a divisão é frequentemente acionada pelos meios e organizações militares da Marinha do Brasil para que tais análises sejam realizadas.

Em um episódio recente, durante o período de docagem de um dos navios que atuam na operação antártica (OPERANTAR), foi identificada a fratura de um parafuso de sustentação de um dos lemes, indicando potencial falha do material por fragilidade. A amostra foi recolhida para análise da Divisão de Laboratórios, de modo que, após sua caracterização, seria verificada a adequação da liga metálica para o emprego nas condições ambientais em que o navio navega. Este documento detalha o processo investigativo, os resultados obtidos e a solução técnica adotada.

Objetivo

Caracterizar o parafuso fraturado mediante:

- Análise de composição química;
- Metalografia; e
- Ensaio de dureza Rockwell.

Propor um material alternativo com desempenho comprovado em baixas temperaturas.

Resultados laboratoriais

A análise da amostra iniciou-se com a caracterização química do material. Utilizou-se espectroscopia de emissão óptica com o equipamento MI-MASTER Pro2 HITACHI, pertencente à divisão. Os resultados apontam um aço carbono baixa liga com 0,55% de carbono em peso, conforme mostrado na Tabela 1.

Posteriormente, foi realizada análise metalográfica. Após ataque químico da superfície da amostra com solução de Nital 3%, a microestrutura do material foi analisada utilizando um dos microscópios óticos da divisão. A figura 1 apresenta a microestrutura do parafuso, revelando ser composta por dois microconstituintes, perlita (lamelas escuras) e ferrita (fase clara). Esta morfologia é típica de aços carbono baixa liga com teores de carbono até 0,77%, quando submetidos a tratamentos térmicos como recozimento ou normalização, mas não têmpera.

A dureza do parafuso foi aferida em cinco pontos distintos íntegros da amostra, resultando em uma dureza média de 95 HRB. O valor de dureza encontrado situa-se próximo à dureza do aço SAE 1050, uma liga de aço carbono baixa liga com peso de carbono entre 0,48 e 0,55%, na condição normalizada.

Tabela 1: Resultado da Análise Química da Amostra. Valores Aprestados em Percentual de Massa.

Fe	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Bi	Sn
97,9	0,55	0,69	0,16	0,08	0,04	0,22	0,01	0,03	0,01	0,05	0,02





Avaliação de desempenho do material

Uma das grandes vantagens do emprego de ligas de aço é a sua ductilidade, ou seja, a capacidade de um componente mecânico ou estrutura se deformar plasticamente (i.e. deformar-se de maneira permanente) antes de fraturar. Esta característica atua como um sinal de alerta visível, permitindo que se tomem medidas para evitar a falha.

Todo material que requer uma grande quantidade de energia de deformação para sofrer uma fratura dúctil é classificado como tenaz, sendo uma parte considerável das ligas de aço enquadradas nessa classe. Em contrapartida, os materiais que se comportam de maneira oposta são classificados como frágeis.

A condição de uma liga de aço dispor deste comportamento mecânico dúctil depende de uma série de fatores. Dentre eles, sua composição microestrutural é um fator preponderante, a qual está diretamente ligada a sua composição química e ao tratamento térmico em que o material foi submetido.

Posto isto, levando-se em conta a condição microestrutural do material, esperava-se que, analisando-se pelo prisma metalúrgico, sua falha ocorre-se de maneira dúctil, uma vez que não é constituída por microconstituintes de baixa tenacidade, como a martensita não revenida. No entanto, observou-se fratura frágil, indicando a possível influência de outra variável: a temperatura ambiente.

Muitas ligas metálicas têm seu comportamento mecânico alterado quando expostos a baixas temperaturas, de sorte que abaixo de uma temperatura específica deixam de fraturar de maneira dúctil e passam a fraturar fragilmente. A chamada temperatura de transição dúctil-frágil é peculiar à cada liga e pode

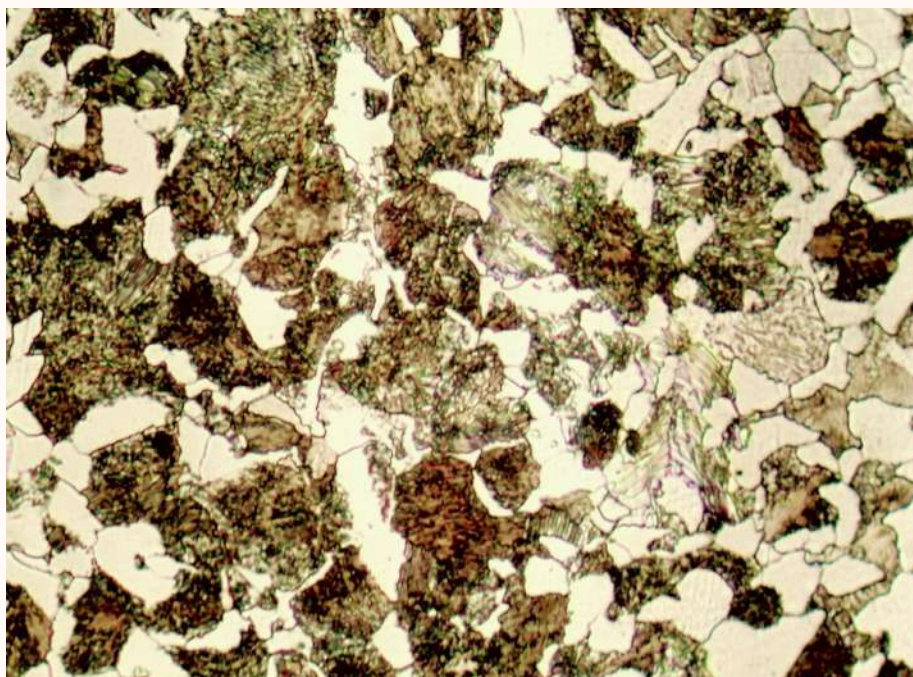


Figura 1 – Microestrutura do Material Fraturado Composta por Ferrita (Regiões Claras) e Perlita (Lamelas Escuras). Aumento de 500x.

ser determinada experimentalmente (ensaio de impacto), medindo-se a energia absorvida para romper corpos de prova em diversas temperaturas.

A figura 2 ilustra curvas típicas para aços carbono baixa liga com diferentes teores de carbono. Analisando a curva do aço com 0,53 % em peso de carbono (composição semelhante a da amostra), observa-se que sua temperatura de transição dúctil-frágil está muita acima das médias de temperatura das águas do oceano Antártico, que oscilam entre -2 e 10 °C. Sendo assim, mesmo que a liga do parafuso seja adequada para aplicações convencionais, ela não apresenta desempenho satisfatório em ambientes de baixa temperatura.

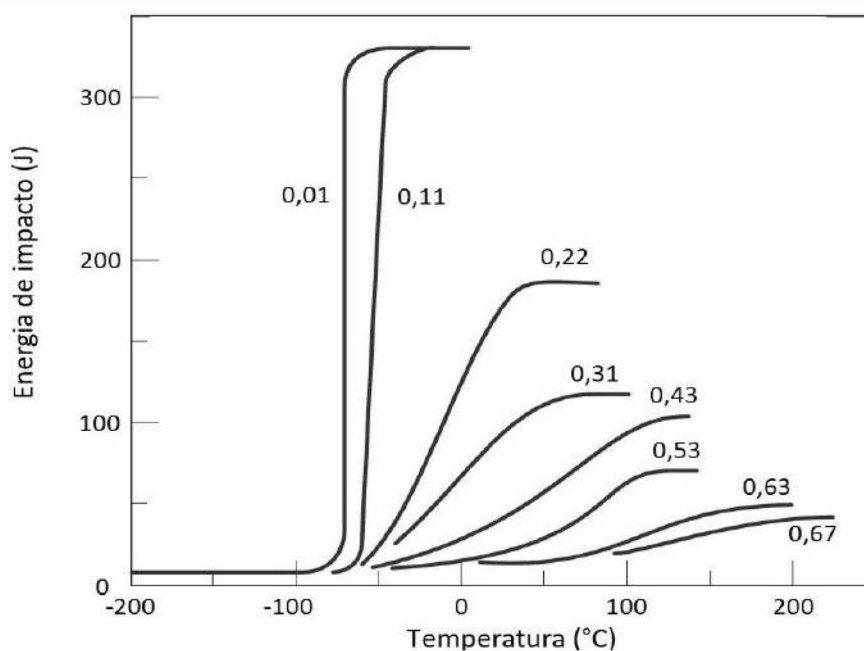


Figura 2 – Curvas de Ensaio de Impacto para Aços Carbono Baixa Liga com Diferentes Teores de Carbono. Fonte: CALLISTER, 2016, p 217.



Solução proposta de seleção de material

Considerando a necessidade de maior tenacidade em baixas temperatura, buscou-se entre os materiais disponíveis no AMRJ uma liga com temperatura de transição dúctil-frágil significativamente inferior a -2°C para a fabricação de um novo parafuso. Estudos técnicos, como de Schillomer e Craig, indicam que a adição de até 3% de níquel à composição química da liga de aço pode melhorar a tenacidade à fratura em condições árticas.

Desta forma, optou-se por uma liga de uma liga de AISI 4340, cuja composição química normativa é apresentada na tabela 2:

Tabela 2: Composição Química da Liga AISI 4340, Conforme Norma ABNT.

C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo
0,38-0,43	0,6-0,8	0,15-0,35	1,65-2,00	0,70-0,90	0,20-0,30

Este material, especialmente quando tratado termicamente por têmpera e revenido, oferece alta resistência mecânica aliada a boa tenacidade, mesmo em condições ambientais adversas de baixas temperaturas. Como pode se observar na figura 3, a escolha é validada por curva da temperatura de transição dúctil-frágil apresentada na literatura especializada.

Conclusão

A análise do parafuso fraturado evidenciou a importância de selecionar ligas apropriadas às condições ambientais específicas, especialmente em contextos como a operação naval em águas antárticas. Embora a composição química e a microestrutura sugerissem que a liga da amostra tivesse um bom desempenho em temperatura ambiente, sua substituição por um aço AISI 4340, com elementos de liga e tratamento térmico que favorecem a tenacidade em baixas temperaturas, apresenta-se como uma solução eficaz.

A atuação da Divisão de Laboratórios do AMRJ demonstra a relevância de uma abordagem técnico-científica na resolução de problemas de engenharia, com impacto direto na segurança e na confiabilidade dos sistemas navais.

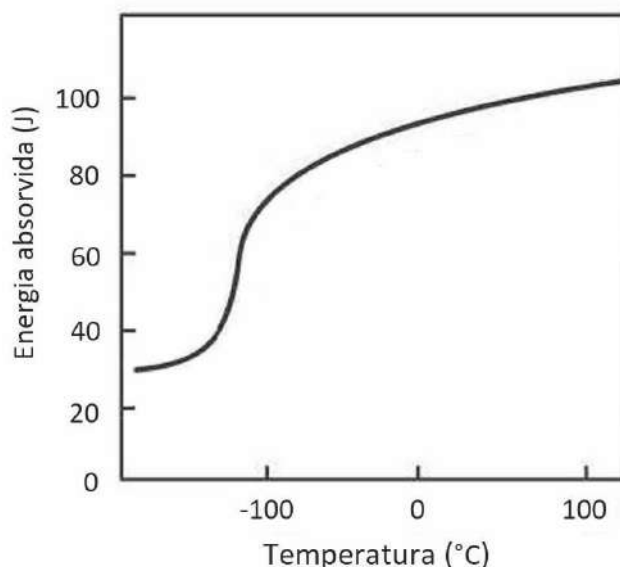


Figura 3 – Curva da Temperatura de Transição Dúctil-Frágil da Liga de Aço AISI 4340.
Fonte: GARCIA; SPIM e DOS SANTOS, 2012, p 248.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. NBR NM 87: Aço carbono e ligados para construção mecânica – Designação e composição química. Rio de Janeiro: 2000.
- CALLISTER, William D. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- GARCIA, Amauri; SPIM, Jaime Alves; DOS SANTOS, Carlos Alexandre. Ensaios dos Materiais. 2. ed. Rio de Janeiro: 2012.
- SCHILLMOLLER, C.M; CRAIG, B.D. Nickel steels in arctic service. Corrosion. N° 473, março de 1987.

AUTOR



Capitão-Tenente (EN) Ianto CÁCERES Leite Rocha
Engenheiro de Materiais Formado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Mestre em Processos de Fabricação pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGE3M - UFRGS). Encarregado da Seção de Ensaios não Destrutivos do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro.





Produção Acadêmica

PROPOSIÇÃO DE MÉTODO DE MEDIÇÃO DE VALOR AGREGADO PARA UTILIZAÇÃO EM PROJETOS DE MANUTENÇÃO E CONSTRUÇÃO NAVAL EM UM ESTALEIRO MILITAR



Resumo: A falta de um padrão ou a utilização de métricas subjetivas na medição do progresso físico de atividades de projetos onde se utiliza a técnica de análise de valor agregado como ferramenta de monitoramento e controle foi um dos principais problemas identificados pelos usuários da técnica em pesquisa de diagnóstico realizada em 2023 em um estaleiro público militar. Com o intuito de apresentar uma solução para este problema o presente trabalho tem como principal objetivo a proposição de um método de medição padronizado de valor agregado. Para isto foram realizadas simulações no software de gerenciamento de projetos PRIMAVERA com informações de um projeto real onde foram analisados onze diferentes métodos de medição. As simulações mostraram que o método fórmula fixa 25/75/25 com marcos de controle com valores ponderados foi o mais preciso e com maior potencial de implementação no estaleiro analisado. O resultado obtido demonstra que para projetos considerados complexos o método apresenta boa precisão atrelada a um nível de esforço adequado para sua utilização o que possibilitaria seu uso em outros projetos maiores e mais complexos em instituições da administração pública e da iniciativa privada.

Palavras-Chave: Método de medição; valor agregado; projetos.

1. Introdução

Com cerca de 5,7 milhões de km² e correspondendo a aproximadamente 67% da área continental brasileira a Amazônia Azul é uma fonte de reservas naturais para o Brasil além de ser, uma importante zona de geração de empregos e fonte de renda para milhões de brasileiros (Marinha do Brasil, 2024). Ainda segundo a mesma fonte, estima-se que cerca de 95% da exploração de petróleo nacional aconteça nesta região assim como diversas atividades econômicas tais como pesca e aquicultura, turismo, indústria naval, extração de recursos naturais e mais recentemente geração de energias renováveis através de parques eólicos. Segundo Rodrigues (2021), aproximadamente 80% da população reside na faixa litorânea do território nacional. Desta forma, com intuito de garantir a soberania brasileira sobre esta região, conforme mencionado por Rodrigues (2021, p. 784) “a tarefa mais importante para Marinha do Brasil continua sendo “negação do mar”, conjuntamente com a proteção do patrimônio marítimo, asseguração do controle e liberdade de tráfego pelos mares”.

Para que possa cumprir sua principal tarefa é de fundamental importância que a Marinha brasileira possua meios navais adequados e de elevada confiabilidade para que possam operar na sua plenitude. Com uma frota superior a 90 navios destinada as mais diversas finalidades que vão desde “negação do mar”, a realização de pesquisas e atendimento médico

hospitalar às populações ribeirinhas situadas na região norte do País, é de extrema relevância que a instituição e o Brasil possuam uma infraestrutura adequada a fim de garantir a realização de manutenção e construção de meios navais em território nacional garantindo assim o desenvolvimento técnico e científico e a geração de emprego e renda para a população.

Fundado em 29 de dezembro de 1763, o Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ) é a mais antiga Organização Militar (OM) da Marinha do Brasil, classificada como uma Organização Militar Prestadora de Serviços Industriais (OMPS-I). Ao longo





dos últimos 260 anos o AMRJ tem ocupado papel de destaque na infraestrutura industrial brasileira no que se refere a prestação de serviços relacionados a manutenção e construção de meios navais para a Marinha do Brasil assim como para outras instituições. Com um portfólio de projetos de alta complexidade e com um faturamento bruto anual que ultrapassa as cifras de R\$100 milhões é de extrema importância que o AMRJ possua um processo de monitoramento e controle de projetos moderno, confiável e que possa fornecer informações de alto nível para tomada de decisão por parte dos gestores da instituição.

Desde 2008, o Arsenal tem utilizado como principal técnica de monitoramento e controle de projetos a Earned Value Management (EVM) ou análise de valor agregado como é mais popularmente conhecida no Brasil. Desde então, a instituição já utilizou a técnica em mais de cem projetos totalizando um orçamento superior a R\$1 Bilhão de reais em projetos monitorados e controlados com a EVM (PRIMAVERA, 2024). Embora a técnica seja utilizada há mais de 15 anos dentro da instituição, em pesquisa de diagnóstico realizada em 2023, um dos principais pontos observados pelos usuários foi a falta de padronização das métricas de medição de valor agregado dentro dos projetos, na ocasião, apenas 14% dos entrevistados concordaram totalmente que havia um padrão de medição dos percentuais de progresso para as atividades utilizados na análise de valor agregado (Dias, 2023). Sendo assim, este artigo tem como objetivo cobrir a lacuna existente, analisando diferentes métodos de medição de valor agregado através de simulações no Software PRIMAVERA identificando aquele que melhor se adequa a realidade de utilização dentro do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro. Para isso, este artigo está dividido em seis seções, sendo esta a primeira. Em seguida é apresentada a fundamentação teórica. A terceira seção está reservada para apresentação da metodologia. A quarta seção apresenta os resultados das simulações realizadas no Software PRIMAVERA. A quinta seção discute o resultado das simulações realizadas na quarta seção. Por fim, na sexta seção encontra-se a conclusão, que destaca os principais resultados da pesquisa, limitações e sugestões para trabalhos futuros.

2. Fundamentação teórica

Conforme Fleming e Koppelman (1999) o valor agregado tem como objetivo analisar a relação entre os custos reais incorridos para realizar um trabalho e o trabalho efetivamente realizado dentro de um determinado período em um projeto. Neste caso, o foco está no desempenho obtido em comparação com o que foi gasto para obtê-lo.

Segundo mencionado por Dias et al. (2015, p. 186), a análise de valor agregado “é uma técnica para controle e acompanhamento de projetos que integra custos, prazos e progresso físico, tendo surgido no chão de fábrica dos USA no início da administração científica”. Ainda segundo o mesmo autor, embora tenha sido desenvolvida no início do século XX, foi em meados da década de 60 do século passado que a técnica passou a ser utilizada de forma padronizada pela força aérea americana. A partir da década de 90, houve grande difusão da técnica, principalmente quando o Office Management and Budget (OMB) americano passou a exigir a sua utilização em todos os contratos celebrados com o governo dos USA.

2.2. Medição do Valor Agregado

Conforme Harroff (2000) e Koppelman (1999) a medição do valor agregado pode ser realizada em seis diferentes métodos que são: Marcos com valores ponderados, fórmula fixa por CAP, percentual completo, percentual completo com marcos de controle, unidades equivalentes e nível de esforço.

A seguir seguem as definições e a forma de funcionamento de cada um dos métodos citados acima.

Marcos com valores ponderados: Segundo Vargas (2013) este método é utilizado para casos em que a célula de controle (CAP) excede mais de um período de medição. A célula deve ser convertida em marcos onde cada um desses marcos representa uma entrega parcial do trabalho. A soma dos custos parciais de cada marco deverá ser igual ao custo total da CAP. Embora para muitos gerentes de projeto este método seja considerado o mais preciso, por outro lado é considerado o mais difícil de ser planejado e não é recomendada sua utilização para projetos médios e grandes complexos tendo em vista o número elevado de CAP para esses projetos o que faz com que o número de pontos de controle ultrapasse a capacidade gerencial da equipe do projeto.

Fórmula fixa por CAP: Neste método a CAP é dividida em duas partes que quando somadas completam 100%. As fórmulas mais utilizadas são 25/75, 50/50 e 75/25. Para o caso da fórmula 25/75, ao se iniciar a atividade 25% dos custos da CAP já são contabilizados, os outros 75% o serão ao seu término. Para fórmula 50/50, 50% dos custos são contabilizados no início e 50% no término, no caso da 75/25, 75% dos custos são contabilizados no início e 25% ao final da atividade.





Percentual completo: Para este método são atribuídos percentuais de conclusão para cada atividade do projeto com valores entre 0 e 100%, no entanto, neste caso, os padrões de percentuais não tem uma fórmula fixa pré definida. Os percentuais atribuídos são multiplicados pelos custos previstos das CAP a fim de se determinar a parcela do orçamento agregada a atividade. Por conta da praticidade na sua utilização este método tem ganhado bastante popularidade nos últimos anos. No entanto, embora seja de fácil utilização este método apresenta elevado grau de subjetividade tendo grande influência direta da percepção do avaliador, uma vez que a alimentação de dados é fruto de uma percepção individual, estando por isso mais sujeito a maiores pressões por parte dos clientes ou da alta gerência o que pode comprometer os resultados obtidos.

Percentual Completo com Marcos de Controle: Este método combina a utilização do método de percentual completo com o método de marcos de controle. Neste caso parte do controle é realizado com a atribuição de percentuais completos para cada atividade e em situações onde as entregas são facilmente identificáveis são estabelecidos marcos de controle de modo a garantir menos subjetividade no processo, funcionando como uma espécie de duplo controle. Em trabalhos que são executados dentro de contratos com o governo americano, esse método foi aprovado como uma alternativa intermediária entre os dois métodos. Pode ser definido como a associação entre um modelo subjetivo, como o percentual completo, e um modelo objetivo, como os marcos de controle, DOD (1997).

Unidades Equivalentes: Conforme Vargas (2013, p.39) neste método o valor agregado é calculado com “base em unidades produzidas ou realizadas de elementos individuais de custos, empregado em

trabalhos repetitivos ou onde as CAP são definidas em termos de consumo direto de recursos”. Um exemplo claro segundo o autor seria o caso de um projeto de construção civil onde haja a necessidade de se asfaltar 80m² de área em três meses. Ao término do primeiro mês, o percentual executado é calculado de maneira objetiva através da medição da área asfaltada. Se para o caso em questão a área foi de 40m², conclui-se que 50% do serviço foi executado e o valor agregado será encontrado através da multiplicação deste percentual pelo orçamento da obra.

Nível de Esforço: Este método é utilizado para se avaliar os trabalhos indiretos realizados no projeto tais como despesas contábeis, viagens de staff, salários de funcionários administrativos, aluguéis, luz, telefone, seguros e estruturas administrativas, no entanto, diversos gerentes de projetos são contrários a utilização das atividades relacionadas ao nível de esforço como trabalho a ser avaliado para fins de valor agregado, isso por que para estes gerentes o nível de esforço não produz nenhum produto tangível para o projeto, Vargas (2013). Por outro lado, não é possível desconsiderar a análise destas atividades, em alguns casos o custo delas chega ser superior a 15% do custo total do projeto e a não análise não permitirá identificar se a infra estrutura do projeto é ou não adequada para o trabalho realizado.

3. Metodologia

3.1. Descrição do Processo de Pesquisa

Com o intuito de atingir os objetivos estabelecidos na pesquisa foram realizadas simulações no Software de Gerenciamento de Projetos PRIMAVERA. Para isso, foram utilizadas informações de um projeto real de manutenção de um navio militar orçado em R\$ 10.694.290,00 e com cem atividades (ordens de serviço) a serem executadas no período de dezoito semanas. Foram simuladas medições de valor agregado com onze diferentes métodos de medição tendo sido considerado o método de Marcos de Controle com Valores Ponderados como referência para ser comparado com os outros, tendo em vista a sua maior precisão conforme mencionado por Vargas (2013). Embora mais preciso, a utilização de tal método não é indicada para projetos complexos em decorrência do aumento considerável de esforço de gerenciamento da equipe de projetos o que tornaria impraticável sua utilização em uma instituição com um portfólio desta natureza conforme mencionado por Fleming e Koppelman (1999). Para o estudo em questão, na simulação com Marcos de Controle com Valores Ponderados o número de atividades do projeto subiu de 100 para 675 atividades, aumentando em quase 7 vezes o esforço demandado para gerenciamento do projeto. Já para os outros casos analisados o aumento foi de 100 para 184 atividades. Sendo assim, o trabalho consistiu em identificar qual método mais se aproximaria desta precisão com um aumento mínimo de esforço demandado. Para isso, foram simulados para efeitos de comparação os métodos propostos por Harroff (2000) e Koppelman (1999) e variações destes considerando a utilização híbrida de mais de um método dentro do mesmo projeto culminando nos seguintes métodos: Marcos de Controle com Valores Ponderados(MCVP), Percentual Completo (PC), percentual completo com marcos de controle com valores ponderados(PCMCVP), fórmulas fixas por CAP 25/75(FFC25/75), 50/50(FFC50/50), 75/25(FFC75/25) e 25/75/25(FFC25/75/25), fórmula fixa por CAP 25/75 com marcos de controle com valores ponderados (FFCMCVP25/75), fórmula fixa por CAP 50/50 com marcos de controle com valores ponderados (FFCMCVP50/50), fórmula fixa por CAP 75/25 com marcos de controle com valores ponderados (FFCMCVP75/25), e fórmula fixa por CAP 25/75/25 com marcos de controle com valores



Dique Alte Regis: Preparação para Docagem NAM Atlântico (A-140)
Fonte: 3°SG-ML GAZOLLI





ponderados (FFCMCVP25/75/25). Vale ressaltar que os métodos de fórmulas fixas por CAP 25/75/25 e fórmula fixa por CAP 25/75/25 com marcos de controle com valores ponderados foram utilizados com o intuito de dividir os níveis de avaliação das CAP em três (iniciada 25%, mais da metade concluída 75% e finalizada 100%) e não mais em dois (iniciada 25% e finalizada 100%) para desta forma avaliar o impacto desta divisão na precisão da medição. Em decorrência da natureza complexa do projeto a utilização do método de Unidades equivalentes não foi possível por conta das características não lineares das atividades a serem executadas. Para realização das simulações foi considerada a frequência de avaliação semanal das atividades sendo utilizados dois avaliadores da equipe de projeto para avaliarem os percentuais de avanço de cada ordem de serviço à partir das informações fornecidas. Para os métodos híbridos, foram estabelecidos marcos de controle para apenas 5% das

das atividades de maior peso no projeto, o que ocasionou a geração de 84 marcos, elevando o número de atividades a serem gerenciadas de 100 para 184. Acima deste percentual, o aumento de esforço demandado já seria impraticável para a equipe de projeto disponível na instituição.

As simulações foram realizadas no período de 02 a 09/09 de 2024, na Superintendência de Manutenção de Meios do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, com a utilização do Software PRIMAVERA P6 Professional 23.

4. Resultados

Na tabela 1 podem ser observados os valores de valor agregado obtidos com a utilização de cada um dos métodos analisados nas simulações realizadas. Já na tabela 2 observamos os erros percentuais encontrados tendo como referência o método de Marcos de Controle com Valores ponderados.

Tabela 1. Valor Agregado por Método de Medição.

Semana	MCVP (R\$)	PC (R\$)	FFC 50/50 (R\$)	FFC 25/75 (R\$)	FFC 75/25 (R\$)	FFC 25/75/25 (R\$)	PCMCVP (R\$)	FFCMCV P50/50 (R\$)	FFCMCV P25/75 (R\$)	FFCMCV P75/25 (R\$)	FFCMCV P 25/75/25 (R\$)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	572.144	286.606	2.823.292	1.410.576	4.231.730	1.415.924	564.658	577.491	567.866	586.047	575.352
2	740.044	428.841	3.731.238	1.855.459	5.565.308	1.929.250	644.865	1.042.693	829.876	1.260.856	771.058
3	891.903	594.602	3.763.320	1.884.334	5.651.932	1.977.374	839.501	1.128.247	899.389	1.372.077	943.236
4	1.049.109	612.782	3.810.375	1.975.235	5.716.098	2.147.413	936.819	1.174.233	1.065.151	1.444.798	1.110.067
5	2.024.429	1.296.148	4.887.290	2.585.879	6.226.216	2.656.461	1.869.362	2.144.205	1.933.527	2.585.879	2.093.942
6	2.331.355	1.874.709	4.965.359	2.666.086	7.146.994	2.797.626	2.150.621	2.384.826	2.120.677	2.894.944	2.290.717
7	3.079.955	2.523.852	5.028.455	2.693.891	7.184.424	3.668.141	2.994.401	3.689.530	2.855.375	3.817.861	3.058.567
8	3.807.167	2.673.572	5.047.705	2.719.558	7.368.366	4.053.136	3.828.556	4.448.824	3.646.753	4.406.047	3.732.307
9	5.058.399	3.956.887	5.229.508	2.748.432	7.828.220	5.571.725	4.823.125	4.876.596	4.908.679	6.341.714	5.037.010
10	5.496.865	4.277.716	5.357.839	2.769.821	7.999.329	5.678.668	5.165.342	5.379.228	5.325.756	6.544.905	5.550.336
11	6.320.325	5.072.302	5.507.559	2.857.514	8.031.412	6.277.548	5.999.497	6.780.180	6.224.077	6.662.543	6.437.963
12	7.261.423	6.277.548	5.704.334	3.486.338	8.052.800	6.951.289	6.865.734	7.646.417	6.780.180	6.780.180	7.240.034
13	8.844.178	7.520.225	5.785.611	5.058.399	8.095.578	9.122.230	9.058.064	9.079.452	8.095.578	7.935.163	8.951.121
14	9.122.230	7.913.775	7.261.423	5.635.891	8.106.272	9.592.778	9.400.281	9.689.027	9.004.592	8.106.272	9.218.478
15	9.753.193	10.193.797	8.095.578	7.828.220	8.309.463	10.116.799	10.191.659	10.020.550	9.496.530	8.330.852	9.849.441
16	10.084.716	10.533.876	9.967.079	8.095.578	8.822.789	10.234.436	10.394.850	10.459.016	9.699.721	8.544.738	10.159.576
17	10.469.710	10.683.596	10.598.042	9.753.193	9.496.530	10.598.042	10.544.570	10.598.042	10.084.716	9.646.250	10.512.487
18	10.694.290	10.694.290	10.694.290	10.694.290	10.694.290	10.694.290	10.694.290	10.694.290	10.694.290	10.694.290	10.694.290

Fonte: Autor

Tabela 2. Erro Relativo por Método de Medição

Semana	MCVP (%)	PC (%)	FFC 50/50 (%)	FFC 25/75 (%)	FFC 75/25 (%)	FFC 25/75/25 (%)	PCMCVP (%)	FFCMCV P50/50 (%)	FFCMCV P25/75 (%)	FFCMCV P75/25 (%)	FFCMCV P 25/75/25 (%)
0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0	49,9	393,5	146,5	639,6	147,5	1,3	0,9	0,7	2,4	0,6
2	0	42,1	404,2	150,7	652,0	160,7	12,9	40,9	12,1	70,4	4,2
3	0	33,3	321,9	111,3	533,7	121,7	5,9	26,5	0,8	53,8	5,8
4	0	41,6	263,2	88,3	444,9	104,7	10,7	11,9	1,5	37,7	5,8
5	0	36,0	141,4	27,7	207,6	31,2	7,7	5,9	4,5	27,7	3,4
6	0	19,6	113,0	14,4	206,6	20,0	7,8	2,3	9,0	24,2	1,7
7	0	18,1	63,3	12,5	133,3	19,1	2,8	19,8	7,3	24,0	0,7
8	0	19,4	32,6	28,6	93,5	6,5	0,6	16,9	4,2	15,7	2,0
9	0	6,8	3,4	45,7	54,8	10,1	4,7	3,6	3,0	25,4	0,4
10	0	4,1	2,5	49,6	45,5	3,3	6,0	2,1	3,1	19,1	1,0
11	0	12,0	12,9	54,8	27,1	0,7	5,1	7,3	1,5	5,4	1,9
12	0	13,5	21,4	52,0	10,9	4,3	5,4	5,3	6,6	6,6	0,3
13	0	8,9	34,6	42,8	8,5	3,1	2,4	2,7	8,5	10,3	1,2
14	0	2,2	20,4	38,2	11,1	5,2	3,0	6,2	1,3	11,1	1,1
15	0	4,5	17,0	19,7	14,8	3,7	4,5	2,7	2,6	14,6	1,0
16	0	4,5	1,2	19,7	12,5	1,5	3,1	3,7	3,8	15,3	0,7
17	0	2,0	1,2	6,8	9,3	1,2	0,7	1,2	3,7	7,9	0,4
18	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Erro Médio	0	20,4	97,2	47,9	163,5	33,9	4,4	8,4	3,9	19,6	1,7
Desv Padrão	0	15,1	139,8	45,4	227,1	54,5	3,5	10,7	3,4	18,3	1,8

Fonte: Autor





5. Discussão

A luz dos estudos realizados por Harroff (2000), Fleming e Koppelman (1999) e Vargas (2013) a adição de marcos de controle de valores ponderados às atividades dos projetos torna a medição de valor agregado mais precisa e menos passível de falhas e subjetividades. Isto pode ser observado analisando-se as tabelas 1 e 2 onde nota-se que nos métodos onde foram utilizados marcos de controle observou-se erros relativos menores do que os métodos que não utilizaram. Comparando-se o FFCMCVP 25/75/25 com o FFC 75/25 percebe-se uma diferença de quase cem vezes entre os erros relativos 1,7% contra 163,5%. De todos os métodos simulados, o FFCMCVP 25/75/25 foi o que apresentou menor erro relativo quando comparado com o MCVF e um menor desvio padrão dos resultados obtidos também o que demonstra que mesmo com o elemento de subjetividade inserido no nível de avaliação das atividades relacionadas a conclusão de mais da metade do serviço (pois essa avaliação depende da percepção do avaliador) não houve impacto negativo nas medições realizadas, pelo contrário, a adição de mais um nível de avaliação trouxe mais precisão a medição. Os métodos PCMCVP e FFCMCVP 25/75 também apresentaram erros relativos considerados baixos, 4,4% e 3,9% respectivamente, respaldando a utilização destes métodos para medição de valor agregado na avaliação de projetos de manutenção dentro do estaleiro. Por outro lado, os métodos FFC 75/25, FFC 50/50, FFC 25/75 e FFC 25/75/25 apresentaram erros relativos considerados altos, 163,5%, 97,2%, 47,9% e 33,9% respectivamente, demonstrando não ser aconselhável a utilização destes métodos para medição de valor agregado nos projetos da instituição.

6. Conclusões

Este artigo teve como objetivo analisar os métodos de medição de valor agregado de modo a identificar o

melhor método a ser utilizado num estaleiro público militar para monitoramento e controle de projetos de manutenção de meios navais.

De modo geral, os resultados mostram que o método FFCMCVP 25/75/25 foi o que apresentou melhores resultados seguido dos métodos FFCMCVP 25/75 e PCMCVP. Em todos esses casos haverá um incremento de esforço necessário para gerenciamento do projeto tendo em vista o aumento do número de atividades a serem gerenciadas que aumentariam de 100 para 184, porém, este aumento será bem menor em comparação ao método mais preciso MCVF onde seria necessário o incremento de mais 575 atividades a serem gerenciadas.

Entre as limitações desta pesquisa está a não realização de simulações em outros tipos de projetos dentro do estaleiro como projetos de construção e projetos de grande porte, uma vez que no momento da realização desta pesquisa os dados referentes a estes tipos de projetos não estavam totalmente disponíveis para serem utilizados, além disso as simulações se limitaram ao método de medição do valor agregado apenas não tendo sido analisado a relação deste indicador com os outros indicadores relacionados ao monitoramento de projetos tais como o valor planejado e o custo real, tendo em vista que estes indicadores são obtidos de forma automatizada diferentemente do valor agregado que tem influência direta da ação da equipe do projeto.

Para trabalhos futuros recomenda-se o esforço de utilizar, caso disponíveis, dados referentes a outros tipos de projetos além de levar em consideração outros aspectos nas simulações como frequência das medições de avanço e número de avaliadores com o intuito de identificar a influência destas variáveis na precisão dos métodos. Deste modo, será possível evidenciar o impacto das novas variáveis na análise realizada contribuindo para expansão de utilização do método de medição ideal para todos os projetos da instituição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DIAS, J.; WANDERLEY, J.; TORRES, M.; Aplicação de Análise de Valor Agregado para Avaliação de Desempenho de Projetos em um Estaleiro Militar. Revista Marítima Brasileira. V.135, n. 07/09. Jul/Set. 2015.
- DIAS, J. Pesquisa de diagnóstico sobre monitoramento e controle de projetos. Rio de Janeiro, dezembro de 2023.
- DOD. Earned Value Management Implementation Guide. Washington: United States of America Department of Defense. 1997.
- FLEMING, Q.; KOPPELMAN, J. Earned Value Project Management, Ed.2. Newton Square: Project Management Institute. 1999.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- HARROFF, N. Discrete Versus Level of Effort. Milford: NNH Enterprise. 2000.
- Marinha do Brasil, Amazônia Azul. Disponível em https://www.mar.mil.br/hotsites/amazonia_azul/. Acessado em 02 de setembro de 2024.
- PRIMAVERA P6 Professional 23, Banco de dados da Diretoria de Gestão de Programas da Marinha, acessado em 03 de setembro de 2024.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Project Management Body of Knowledge. Pennsylvania, 2021.
- RODRIGUES, B. S. A Amazônia Azul sob a Perspectiva da Economia Política do Mar. Escola de Guerra Naval, v. 27, n. 3, p.783-806, 2021.
- TURRIONI, J.; MELLO, C.; Pesquisa Ação na Engenharia de Produção: Proposta de Estruturação para sua Condução. Produção, v. 22, n. 1, p. 1-13, jan./fev. 2012.
- VARGAS, R. Análise de Valor Agregado. Revolucionando o Gerenciamento de Prazos e Custos. 6th Ed. Rio de Janeiro, 2013.

AUTOR



Capitão de Corveta (EN) João Carlos Castro DIAS

Engenheiro Mecânico Formado pela
Universidade Federal da Bahia.
Mestre em Mecânica pela
Universidade Fluminense.
Coordenador da Coordenadoria de
Programação da Produção do AMRJ.





NAVIO POLAR “ALMIRANTE SALDANHA”:

Uma análise dos modelos de contratação *Performance Based Logistic (PBL)* e *Contractor of Logistics Support (CLS)* para a função Logística Manutenção

Resumo:

Este artigo analisa a gestão da manutenção do novo Navio Polar (NPo) “Almirante Saldanha”, em construção no Estaleiro Jurong Aracruz (EJA), sob a perspectiva de dois modelos logísticos: Performance-Based Logistics (PBL) e Contractor of Logistics Support (CLS). A pesquisa visa comparar a eficácia desses modelos na função logística manutenção, ressaltando a importância de sistemas logísticos eficientes para as operações antárticas. Inicialmente, é feita uma análise dos documentos contratuais que guiarão o ciclo de vida e a manutenção do navio. Posteriormente, o estudo aprofunda-se nos conceitos teóricos dos modelos. O PBL foca em resultados e desempenho, incentivando os contratados a alcançarem metas específicas, enquanto o CLS adota uma abordagem tradicional, fornecendo serviços conforme contratos detalhados. A análise comparativa avalia aspectos como custo-eficácia, confiabilidade, capacidade de resposta e prontidão operacional. Os resultados indicam que o PBL oferece vantagens para o NPo “Almirante Saldanha”, como maior previsibilidade de custos e melhor disponibilidade operacional, embora exija contratos bem definidos e mecanismos eficazes de monitoramento de desempenho. O CLS, embora mais flexível, pode fragmentar os serviços de manutenção e gerar custos elevados a longo prazo. A escolha do modelo mais adequado é fundamental para a eficiência e sustentabilidade da manutenção do navio. As conclusões destacam as implicações práticas de cada abordagem e oferecem recomendações para a gestão da manutenção do NPo “Almirante Saldanha”.

Palavras-chave: Performance-Based Logistic (PBL), Contractor of Logistics Support (CLS), Manutenção, Operações Antárticas, Navio Polar “Almirante Saldanha”.

1 – Introdução

A manutenção de embarcações militares desempenha um papel essencial na garantia da soberania e da capacidade operacional das forças navais. No contexto da Marinha do Brasil, a logística de manutenção é um fator crítico para assegurar que os meios navais permaneçam aptos a cumprir suas missões com eficiência. O Navio Polar (NPo) “Almirante Saldanha”, que se encontra neste momento em fase de construção no Estaleiro Jurong Aracruz (EJA), é uma embarcação projetada para operar em condições extremas, apoiando as atividades do Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR). Para garantir a sua disponibilidade operacional, torna-se fundamental estabelecer um modelo de manutenção eficiente, que permita reduzir custos, otimizar recursos e maximizar a prontidão da embarcação.

Nesse sentido, dois modelos de contratação têm sido amplamente discutidos e implementados por diversas Marinhas ao redor do mundo: o Performance-Based Logistic (PBL) e o Contractor of Logistics Support (CLS). Ambos representam abordagens distintas para a gestão da manutenção naval, cada um com suas vantagens e desafios específicos. O objetivo deste estudo é realizar uma análise comparativa entre esses dois modelos, avaliando sua aplicabilidade e viabilidade para o caso específico do NPo “Almirante Saldanha”.



A escolha do modelo de manutenção tem impactos diretos na disponibilidade operacional do navio, nos custos envolvidos e na flexibilidade para adaptação a novas demandas. A contratação no modelo PBL é baseada no desempenho e incentiva o fornecedor a atingir metas preestabelecidas, como a garantia de níveis específicos de disponibilidade e confiabilidade dos sistemas embarcados. Esse modelo tem sido amplamente adotado por forças navais de países como os Estados Unidos e o Reino Unido, trazendo benefícios como a redução de custos operacionais e a previsibilidade orçamentária. Por outro lado, o CLS é um modelo mais tradicional, no qual o suporte logístico é fornecido por meio de contratos específicos para cada serviço, permitindo maior flexibilidade na escolha de fornecedores e na personalização dos serviços contratados.

Um ponto importante a ser verificado é a evolução da logística militar e da manutenção de meios navais ao longo do tempo. Historicamente, as Marinhas ao redor do mundo enfrentaram desafios na gestão da manutenção de suas embarcações, buscando formas mais eficientes de garantir a operacionalidade de seus ativos navais. O avanço da tecnologia e a complexidade crescente dos sistemas embarcados exigiram mudanças na forma como a manutenção é planejada e executada. Modelos tradicionais, baseados em contratos fragmentados e intervenções corretivas, começaram a dar lugar a abordagens mais integradas e baseadas em desempenho, como o PBL.

No Brasil, a Marinha tem buscado modernizar sua estrutura logística e aprimorar seus processos de manutenção, visando maior eficiência e menor dependência de soluções reativas. O caso do NPo “Almirante Saldanha” representa uma oportunidade para avaliar e implementar um modelo de manutenção que maximize sua disponibilidade e eficiência, considerando as especificidades de uma embarcação projetada para operar em ambientes extremos, como a Antártica.

Ao longo deste artigo, será feita uma comparação detalhada entre os modelos PBL e CLS, considerando aspectos como custo-efetividade, impacto na disponibilidade do navio, flexibilidade contratual e facilidade de gerenciamento. Além disso, serão apresentados estudos de caso de outras Marinhas que implementaram esses modelos, analisando seus resultados e desafios enfrentados. Dessa forma, espera-se fornecer uma base sólida para a tomada de decisão quanto ao modelo mais adequado para a manutenção do NPo “Almirante Saldanha” e futuras embarcações da Marinha do Brasil, principalmente aquela que estão sendo adquiridas por construção.

Diante desse cenário, a escolha do modelo de manutenção não se limita apenas a questões financeiras ou contratuais, mas envolve uma abordagem estratégica que pode influenciar diretamente a prontidão operacional da frota naval. O PBL, ao atrelar os pagamentos à entrega de resultados mensuráveis, incentiva os fornecedores a buscar soluções inovadoras e eficientes, reduzindo o tempo de inatividade da embarcação. Já o CLS, ao permitir maior flexibilidade e possibilidade de contratação pontual de serviços, pode ser vantajoso em situações onde há grande variabilidade nas necessidades de manutenção.

Portanto, a introdução deste artigo estabelece a relevância do tema, contextualizando a importância da escolha de um modelo adequado de manutenção para o NPo “Almirante Saldanha”. A análise comparativa que será desenvolvida nos próximos tópicos contribuirá para

uma melhor compreensão das vantagens e limitações de cada modelo, fornecendo subsídios para a tomada de decisão no âmbito da logística militar da Marinha do Brasil.

2 – Fundamentação Teórica

A fundamentação teórica deste estudo tem como objetivo apresentar os conceitos-chave e as abordagens logísticas utilizadas na manutenção de embarcações militares, com foco na comparação entre os modelos PBL e CLS. Ambos os modelos são amplamente utilizados em diferentes forças navais ao redor do mundo e possuem características distintas que influenciam diretamente a eficiência e a disponibilidade operacional das embarcações.

A logística militar é um campo estratégico que busca garantir que os meios operacionais estejam sempre disponíveis para cumprir suas missões. A complexidade das operações navais exige soluções de manutenção que reduzam o tempo de inatividade das embarcações e otimizem os recursos financeiros e humanos. O desenvolvimento de novas abordagens logísticas, impulsionado pelo avanço tecnológico e pelas demandas operacionais, levou à adoção de modelos de manutenção baseados em desempenho e contratos de suporte logístico especializados.

2.1. Conceitos de Logística de Manutenção

A manutenção de embarcações militares é um processo contínuo que envolve atividades de prevenção, correção e melhoria dos sistemas embarcados. Tradicionalmente, a logística de manutenção era baseada em intervenções corretivas, onde os serviços eram realizados somente após a identificação de falhas. Esse modelo, apesar de amplamente utilizado no passado, gerava altos custos operacionais e impactava negativamente a disponibilidade das embarcações.

Com a evolução das práticas logísticas, surgiram abordagens mais sofisticadas, como a Manutenção Preditiva e Baseada em Condição (CBM – Condition-Based Maintenance), que utiliza sensores e sistemas de monitoramento para prever falhas e otimizar intervenções. Essa mudança na mentalidade logística levou à implementação de contratos de suporte logístico mais eficientes, como o PBL e o CLS.

2.2. Performance-Based Logistic (PBL)

O modelo PBL é baseado na entrega de resultados mensuráveis, sendo o fornecedor responsável por garantir um determinado nível de disponibilidade e desempenho dos equipamentos. Em vez de pagar por serviços individuais de manutenção, a Marinha estabelece contratos baseados em metas de confiabilidade, tempo de resposta e outros indicadores operacionais.

As principais vantagens do PBL incluem:

- Previsibilidade de custos: Como o contrato é baseado em desempenho, os custos são mais estáveis e previsíveis ao longo do tempo.
- Maior disponibilidade operacional: O fornecedor é incentivado a garantir que a embarcação esteja operacional pelo maior tempo possível.
- Redução do tempo de inatividade: Estratégias de manutenção preditiva e preventiva são incentivadas para evitar falhas inesperadas.
- Eficiência na gestão de suprimentos: O fornecedor tem autonomia para otimizar estoques e recursos, reduzindo desperdícios e custos logísticos.





Entretanto, o PBL também apresenta desafios. A implementação desse modelo requer contratos bem estruturados, com indicadores claros e mecanismos de monitoramento eficazes. Além disso, o modelo pode exigir investimentos iniciais mais elevados para desenvolver a infraestrutura de monitoramento e análise de desempenho.

2.3. Contractor of Logistics Support (CLS)

O modelo CLS é uma abordagem mais tradicional, na qual os serviços de manutenção são contratados de forma segmentada, conforme a necessidade. Em vez de um contrato baseado em desempenho, a Marinha contrata fornecedores para realizar serviços específicos, como reparos, fornecimento de peças e suporte técnico.

As vantagens do CLS incluem:

- Flexibilidade na contratação: Permite que a Marinha selecione fornecedores diferentes para cada tipo de serviço, adaptando-se às necessidades específicas da embarcação.
- Menor dependência de um único fornecedor: Diferentes empresas podem ser contratadas para diferentes partes do sistema, reduzindo riscos associados a falhas de um único provedor.
- Maior controle sobre os processos: A Marinha pode definir diretamente quais serviços serão contratados e como serão executados.

Por outro lado, o CLS também apresenta desvantagens. A fragmentação dos contratos pode levar a problemas de coordenação entre fornecedores, resultando em atrasos na manutenção e aumento dos custos operacionais. Além disso, a falta de incentivos diretos para a melhoria do desempenho pode impactar negativamente a disponibilidade da embarcação.

2.4. Comparação entre PBL e CLS

A escolha entre PBL e CLS deve levar em consideração diversos fatores estratégicos e operacionais. Em um contexto como o do NPo “Almirante Saldanha”, onde a disponibilidade operacional é essencial para o sucesso das missões científicas e de apoio logístico na Antártica, o modelo PBL apresenta vantagens significativas, pois incentiva a manutenção preventiva e a gestão eficiente dos recursos.

No entanto, o CLS pode ser mais adequado para determinados tipos de serviços ou situações em que a flexibilidade na contratação seja essencial. Em operações militares, por exemplo, onde há grande variabilidade nas necessidades de manutenção, o CLS pode permitir uma resposta mais rápida a demandas emergenciais.

A tabela a seguir apresenta um resumo comparativo entre os dois modelos:

2.5. Considerações Finais sobre a Fundamentação Teórica

A fundamentação teórica deste estudo apresenta os principais conceitos e modelos de logística de manutenção aplicados a embarcações militares, fornecendo um embasamento técnico para a análise comparativa entre PBL e CLS. O PBL se destaca pela previsibilidade de custos e melhoria da disponibilidade operacional, enquanto o CLS oferece maior flexibilidade na contratação de serviços.

No caso do NPo “Almirante Saldanha”, a escolha entre esses modelos deve considerar fatores como a criticidade das missões, a necessidade de disponibilidade contínua e os custos operacionais. A análise dos capítulos seguintes aprofundará essa comparação, trazendo exemplos de implementação e explorando cenários para a Marinha do Brasil.

3 – Análise Comparativa

A análise comparativa entre os modelos PBL e CLS visa identificar as vantagens e desvantagens de cada abordagem no contexto da manutenção do NPo “Almirante Saldanha”.

Este tópico examina os dois modelos com base em critérios-chave, incluindo custo-eficácia, disponibilidade operacional, flexibilidade e gerenciamento e controle. A partir dessa avaliação, é possível compreender qual modelo se adequa melhor às necessidades da Marinha do Brasil, considerando as exigências de suporte logístico e manutenção.

3.1. Custo-Eficácia

O custo-eficácia é um critério essencial na escolha de um modelo de manutenção, pois impacta diretamente o orçamento da Marinha e a previsibilidade dos gastos ao longo do ciclo de vida do navio.

No modelo PBL, os custos tendem a ser mais previsíveis, pois o contrato é baseado em metas de desempenho, transferindo para o fornecedor a responsabilidade pela eficiência na gestão de suprimentos e manutenção. Isso incentiva a otimização de processos e pode gerar economia a longo prazo. Além disso, o PBL reduz custos indiretos ao evitar falhas inesperadas e minimizar tempos de inatividade. No entanto, sua implementação exige uma estrutura contratual robusta e um acompanhamento rigoroso dos indicadores de desempenho.

No modelo CLS, os custos podem ser mais variáveis, pois os serviços são contratados de forma segmentada, de acordo com a demanda. Isso pode gerar gastos imprevistos, especialmente em casos de manutenção corretiva emergencial. Embora o CLS ofereça maior flexibilidade, a falta de um compromisso de

Critério	Performance-Based Logistic (PBL)	Contractor of Logistics Support (CLS)
Base Contratual	Pagamento por desempenho	Pagamento por serviço realizado
Previsibilidade de Custos	Alta	Média/baixa
Disponibilidade Operacional	Elevada	Moderada
Flexibilidade	Baixa	Alta
Complexidade na Implementação	Alta (requer monitoramento contínuo)	Média (gestão direta dos contratos)

Fonte: Autor





desempenho contínuo pode levar a uma alocação menos eficiente dos recursos financeiros.

O PBL se destaca por garantir maior previsibilidade de custos e incentivar a eficiência, enquanto o CLS pode ser vantajoso em situações onde há necessidade de flexibilidade financeira ou orçamentária de curto prazo.

3.2. Disponibilidade Operacional

A disponibilidade operacional é um fator crítico para o NPo “Almirante Saldanha”, pois sua missão exige confiabilidade máxima em ambientes extremos.

No modelo PBL, o fornecedor é diretamente responsável por garantir a disponibilidade da embarcação. Como o pagamento está atrelado ao desempenho, há um incentivo para maximizar a confiabilidade dos sistemas e reduzir o tempo de inatividade. A manutenção preventiva e o gerenciamento proativo de peças de reposição são práticas comuns nesse modelo, contribuindo para uma maior disponibilidade operacional.

No modelo CLS, a manutenção ocorre sob demanda, o que pode gerar atrasos no reparo e na substituição de peças. A falta de um compromisso formal com metas de desempenho pode resultar em períodos mais longos de indisponibilidade do navio. Contudo, o CLS permite que a Marinha ajuste suas necessidades de manutenção conforme o orçamento disponível, o que pode ser útil em certos momentos, mas também pode comprometer a prontidão operacional.

O PBL oferece vantagens significativas para garantir a disponibilidade contínua do NPo “Almirante Saldanha”, tornando-o mais adequado para operações críticas que exigem alta confiabilidade. O CLS, por sua vez, pode ser mais apropriado para frotas com maior capacidade de absorver períodos de inatividade.

3.3. Flexibilidade

A flexibilidade na gestão da manutenção é essencial para adaptar-se às inovações tecnológicas e mudanças operacionais.

O modelo PBL é altamente estruturado, o que pode dificultar a realização de mudanças contratuais rápidas. Caso haja uma necessidade emergencial de atualização tecnológica, a renegociação do contrato pode ser complexa.

O modelo CLS permite maior flexibilidade, pois os serviços são contratados separadamente. Isso facilita ajustes rápidos em resposta a novas demandas, como a adoção de novas tecnologias ou mudanças operacionais. A flexibilidade do CLS pode ser um fator decisivo em cenários de rápida evolução tecnológica. No entanto, essa flexibilidade pode resultar em maior fragmentação dos serviços e menor controle sobre a qualidade da manutenção.

3.4. Gerenciamento e Controle

O nível de gerenciamento e controle exigido pela Marinha varia conforme o modelo adotado.

No PBL, a Marinha precisa estabelecer indicadores de desempenho claros e acompanhar de perto o cumprimento dos objetivos contratuais. Isso exige um sistema de monitoramento eficiente e uma gestão ativa do contrato.

No CLS, a Marinha mantém maior controle sobre os processos de manutenção, pois contrata serviços específicos conforme necessário.

No entanto, essa fragmentação pode aumentar a carga administrativa e dificultar a coordenação dos serviços.

O PBL reduz a necessidade de supervisão direta da Marinha, transferindo a responsabilidade para o fornecedor. Já o CLS exige uma estrutura interna de gestão mais robusta para coordenar os diversos contratos de manutenção.

3.5. Considerações Finais sobre a Análise Comparativa

A comparação entre PBL e CLS revela que cada modelo apresenta vantagens e desafios específicos.

- O PBL se destaca pela previsibilidade de custos, maior disponibilidade operacional e menor necessidade de supervisão direta. No entanto, exige contratos bem estruturados e um acompanhamento rigoroso.

- O CLS oferece maior flexibilidade e controle direto sobre os serviços contratados, mas pode resultar em custos variáveis e menor disponibilidade operacional.

Dessa forma, a escolha entre os dois modelos deve considerar as prioridades estratégicas da Marinha do Brasil para a manutenção do NPo “Almirante Saldanha”. Se a principal preocupação for garantir disponibilidade máxima e controle de custos a longo prazo, o PBL é a melhor escolha. Se houver necessidade de flexibilidade contratual e adaptação rápida a novas demandas, o CLS pode ser mais vantajoso.

4 . Análises para o Navio Polar

Este tópico aborda as análises de manutenção do NPo em construção, destacando a importância do Plano de Gestão de Manutenção (PlanGM) para garantir a Gestão do Ciclo de Vida (GCV) do meio. O NPo, além de seu papel na pesquisa Antártica, poderá também atuar como apoio logístico à esquadra em tempos de crise. Sua manutenção é facilitada por cronogramas de disponibilidade bem definidos, o que reduz incertezas no planejamento.

A análise inicia-se identificando sistemas com grande número de fabricantes (OEMs), o que pode dificultar o planejamento de manutenção. Sistemas com fabricantes no Brasil ou representantes locais são candidatos ideais para contratos de Performance-Based Logistics (PBL) ou Contractor Logistics Support (CLS). As informações são organizadas em tabelas que preservam o sigilo dos fabricantes.

4.1 Sistema de Navegação e Comunicações (SistNC)

O SistNC é composto por 6 subsistemas, atendidos por 5 fabricantes distintos. Metade desses subsistemas possui fabricação nacional e os demais possuem representantes no Brasil, com exceção de um (NC4) que não possui representação local.





Dadas as diferenças entre os fabricantes, a adoção de contratos CLS parece mais apropriada para o SistNC. Entretanto, a possibilidade de um contrato PBL para o sistema inteiro não é descartada, caso as empresas possam se organizar sob uma liderança única. Essa decisão deve considerar a comparação entre os custos totais de CLS múltiplos versus um único contrato PBL.

4.2 Sistema de Propulsão (SistPR)

O SistPR apresenta 5 subsistemas, fabricados por apenas 2 fabricantes. Nenhum equipamento é produzido no Brasil, mas todos possuem representação local. A confiabilidade é o principal critério, pois o Sistema de Propulsão é o “caminho crítico” das manutenções, especialmente durante Períodos de Manutenção Geral (PMG).

A adoção de um contrato PBL é recomendada para este sistema, pois proporcionaria integração logística, previsibilidade de custos e maior disponibilidade operacional. Caso não seja possível, contratos CLS com suporte de fornecimento de sobressalentes são uma alternativa viável para garantir a eficácia da manutenção.

4.3 Sistema de Geração de Energia (SistGE)

O SistGE é composto por 5 subsistemas atendidos por 3 fabricantes. Dois desses fabricantes possuem produção nacional, enquanto o terceiro não fabrica no Brasil nem tem representante local.

A recomendação é firmar contratos PBL separados com os fabricantes nacionais, devido à relevância dos seus equipamentos para a operação do navio e à fabricação nacional, o que favorece a logística de manutenção. Para o subsistema de baterias e desligamento de emergência (equipamento importado), propõe-se a adoção de um CLS com suporte de materiais e serviços, dado o cenário internacional deste fornecedor.

4.4 Sistema de Estruturas do Casco (SistEC)

O SistEC envolve 4 fornecedores de chapas metálicas e elementos estruturais, sendo que apenas um é estrangeiro. As tintas utilizadas são de fabricação nacional.

A manutenção do casco é considerada simples e tradicionalmente realizada por Organizações Militares Prestadores de Serviço Industriais (OMPS-I) como o Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ) e a Base Naval do Rio de Janeiro (BNRJ). Não há recomendação para contratos PBL neste sistema. O modelo CLS é o mais adequado, focado no fornecimento de materiais de reposição e insumos.

4.5 Sistemas Auxiliares (SistAX)

Os SistAX apresentam grande diversidade de fabricantes, com 32 fornecedores distintos para 44 subsistemas. Apenas 33% dos subsistemas são atendidos por fabricantes nacionais (10 fornecedores), enquanto os demais 67% são supridos por 22 fabricantes estrangeiros, dos quais apenas 4 possuem representação no Brasil. Devido à variedade de fabricantes e à baixa presença nacional, contratos PBL não são considerados adequados para este sistema. A estratégia mais indicada é a contratação direta com fornecimento de sobressalentes via CLS, adaptando-se às especificidades de cada subsistema.

5. Conclusão

Este artigo analisou os modelos de contratação PBL e CLS para a manutenção do NPo “Almirante Saldanha”, buscando definir a solução mais eficiente e sustentável para garantir a operacionalidade do meio naval. Através de pesquisa descritiva e bibliográfica, foram caracterizados os dois modelos: o PBL, focado em desempenho e resultado, e o CLS, baseado em serviços logísticos pontuais, com maior flexibilidade.

A análise dos sistemas do NPo revelou que o PBL oferece vantagens como previsibilidade de custos e alta disponibilidade operacional, porém, apresenta desafios relacionados à necessidade de contratos robustos e ao acompanhamento de desempenho. Já o CLS proporciona maior flexibilidade, mas pode fragmentar os serviços e elevar os custos a longo prazo.

Cada sistema do navio foi avaliado individualmente:

- SistNC: Recomendado CLS devido à diversidade de fabricantes e necessidade de atualização constante.
- SistPR: Preferência pelo PBL, visando confiabilidade e previsibilidade de custos, mas CLS é uma alternativa viável.
- SistGE: PBL para fabricantes nacionais e CLS para subsistema de baterias estrangeiras.
- SistEC: CLS mais adequado pela simplicidade dos serviços de manutenção.
- SistAX: CLS recomendado diante da alta diversidade de fabricantes.

Apesar da viabilidade de aplicação dos dois modelos, a imprevisibilidade orçamentária brasileira e a falta de maturidade no uso de contratos PBL sugerem uma tendência à utilização predominante de contratos CLS, com possibilidade futura de evolução para PBL após os primeiros ciclos de manutenção do navio.

A pesquisa atingiu seus objetivos, estabelecendo comparações claras entre PBL e CLS e aplicando conceitos de GCV e ALI para auxiliar futuras estratégias de manutenção. As conclusões e sugestões aqui apresentadas poderão apoiar a Marinha do Brasil na gestão logística eficiente do NPo “Almirante Saldanha”, fortalecendo a presença nacional na Antártica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Defesa. Doutrina de Logística Militar, MD42-M-02, 2016.

BLANCHARD, B. S. Logistics Engineering and Management. 6th ed. Prentice Hall, 2010.

EUA. Department of Defense. Performance-Based Logistics Guidebook. Washington, 2016.

FRANÇA JUNIOR, J. Logística de Manutenção na Marinha do Brasil. Revista Marítima Brasileira, 2023.

JONES, J. Integrated Logistics Support Handbook. McGraw-Hill, 2006.

AUTOR



Capitão de Mar e Guerra (EN) GELSON Carneiro de Souza Júnior

Engenheiro Mecânico Formado pela Universidade Federal Fluminense. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, na área de Motores à Combustão Interna. Superintendente de Manutenção de Meios do AMRJ.



DIRETORIA
INDUSTRIAL
— DA —
MARINHA



NAÇÃO, SOBERANIA E INDUSTRIA