

ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DE AVARIAS EM PRAÇA DE MÁQUINAS DE NAVIO DEVIDO A CORROSÃO

THYAGO DE LELLYS FARIA MONÇÃO*
Capitão-Tenente (RM2-QC-CA)

SUMÁRIO

Introdução	
Histórico das avarias	
Pesquisa de avarias	
Medidor de nível <i>KDG</i>	
Chapa do tanque	
Chapa do casco	
Análise das avarias	
Coleta de dados	
Inspeções	
Determinação do modo de falha e causa básica	
Conclusões e sugestões	

INTRODUÇÃO

O Navio Hidroceanográfico *Amorim do Valle*, ex-Navio-Varredor *HMS Humber*, da classe *River*, foi construído pelo Estaleiro Richard's Ltda, na Inglaterra. Teve seu lançamento realizado em 17 de maio de 1984, sendo comissionado na Marinha britânica em 7 de junho de 1985. Foi então

empregado na formação de reservistas navais daquela Marinha.

Incorporado à Marinha do Brasil em 31 de janeiro de 1995, teve sua conversão para navio balizador iniciada em 1996, no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, sendo tal obra concluída em 1997, no Estaleiro Itajaí SA, em Santa Catarina. Em 7 de dezembro de 2000, foi reclassificado de 4ª classe para 3ª classe e,

* Foi encarregado de divisão de máquinas do Navio Faroleiro *Almirante Graça Aranha*; chefe de máquinas do Navio Hidroceanográfico *Amorim do Vale* e atualmente é encarregado de divisão do departamento de máquinas da Fragata *Bosísio*.

quanto ao emprego, de navio balizador para navio hidroceanográfico. Em novembro de 2000, passou a ser subordinado ao Grupamento de Navios Hidroceanográficos.

O navio tem como missão realizar levantamentos hidrográficos, oceanográficos, geodésicos, meteorológicos e serviço de sinalização náutica a fim de contribuir para a segurança da navegação e apoiar as operações navais de nossa Marinha.

É chamado carinhosamente pela tripulação de “Javali dos Sete Mares”.



Figura 1. Navio Hidroceanográfico *Amorim do Valle*

HISTÓRICO DAS AVARIAS

Em um relatório de avarias, a descrição dos eventos de maneira cronológica é de extrema importância. Sempre que possível, deve-se tentar registrar os fatos com a maior clareza e detalhes quanto possível. Nes-

ta parte do texto, as informações podem parecer um pouco confusas e desnecessárias ao leitor que não está ambientado com o navio; entretanto, o que mais importa é a sistemática e a metodologia utilizadas para se relatar os acontecimentos.

Neste artigo, em particular, foi omitida a apresentação dos eventos. Com os detalhes que puderam ser registrados, entretanto, não foi prejudicado o objetivo do artigo.

Pelas inspeções de rotina no navio, foi observado um aumento no nível de “água de porão” da praça de máquinas, com presença de quantidade considerável de óleo combustível, perceptível devido ao forte odor característico presente no ambiente e à constatação visual de amostras. A papeleta de sondagem constatava a redução do nível de óleo nos tanques de serviço. Assim que possível o acesso, foi detectada uma avaria no medidor de nível tipo membrana do sistema KDG em um dos tanques de serviço e, no outro tanque, detectou-se a presença de um furo em uma de suas chapas. Ambas as avarias encontradas permitiam, sim, a fuga de óleo combustível dos referidos tanques para o porão da praça de máquinas. Durante a tentativa de isolamento da região para sua inspeção, verificou-se a existência de outro furo, desta vez em chapa do casco do navio, próximo à quilha, permitindo entrada de água do mar.

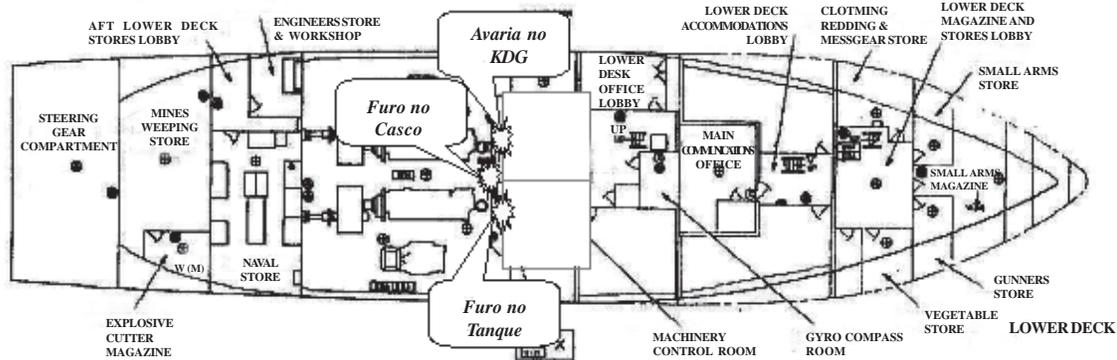


Figura 2. Esquema da localização das avarias no navio

PESQUISA DE AVARIAS

No item anterior, todos os dados coletados foram organizados em ordem cronológica, como numa “história”. Agora, as avarias ocorridas serão descritas em sua individualidade; entretanto, como poderá ser visto posteriormente, elas estão intimamente ligadas.

Medidor de nível KDG

Selos diafragmas são acessórios essenciais numa medição de nível remota por meio de transmissores de pressão diferencial. De maneira geral, pode-se definir este acessório como sendo uma bolacha de aço, em que são soldados um diafragma (membrana), e capilares (tubos com pequenos diâmetros internos). Neste sistema adicionamos o fluido de selagem, que será responsável por transferir a pressão gerada pelas colunas de líquido nos diafragmas dos selos até o elemento sensor dos transmissores de pressão diferenciais.

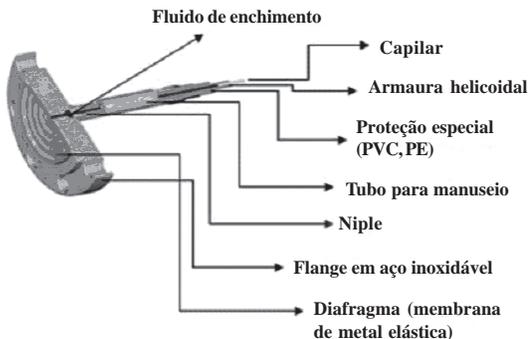


Figura 3. Esquema de um medidor de nível do tipo diafragma

Logo na primeira observação do medidor de nível, instalado no tanque de serviço de bombordo (BB), pode-se perceber que o flange encontrava-se preso somente pelo capilar, separado da parte que é presa na parede do tanque por rosca. Assim, permitia a completa fuga de óleo combustível

do tanque de serviço de BB para o porão da praça de máquinas.

Numa inspeção visual posterior e mais detalhada no equipamento, pode-se constatar o estado de elevada deterioração em que este se encontra. Os parafusos, que prendem o flange, estão completamente corroídos.

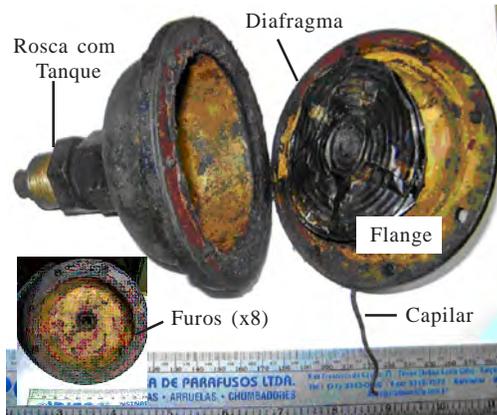


Figura 4. Medidor de nível avariado do tanque de serviço de BB

Chapa do tanque

O navio possui oito tanques de óleo combustível, com capacidade total de aproximadamente 158 mil litros. Os tanques de serviço bombordo/boreste (BB/BE), cada um com capacidade de 11.830 litros, alimentam diretamente os quatro motores diesel existentes: dois motores de combustão principal (MCP) para propulsão e dois motores de combustão auxiliar (MCA) para geração de energia. Estes tanques são localizados de tal forma que a antepara mais a ré (AR) faz fronteira com o porão da praça de máquinas.

A localização precisa do furo, bem como sua observação mais detalhada, só foi possível quando completamente esgotado o porão da praça de máquinas e esvaziado o tanque, e quando a atmosfera interna do mesmo permitiu a entrada de um militar.

Após, então, foi possível que se registrasse a situação real em que se encontrava a chapa do tanque, onde aparecera o furo.



Figura 5. Furo no tanque de serviço de BE visto internamente e externamente

Chapa do casco

Na prática, a inspeção da avaria no casco ficou por conta dos mergulhadores. Todas as medidas adotadas internamente para conter a entrada da água não surtiram o efeito desejado para deixar o navio em situação tranquila. Após mergulho para a primeira análise da situação, optou-se por fazer de imediato reparo com flanges cegos e grampos, para conter a entrada de água. Somente após este procedimento, foi possível manter o navio em situação de maior tranquilidade quanto à avaria.

Foram verificados pelos mergulhadores furos próximos na mesma chapa, registrados por fotografia subaquática. O reparo foi realizado utilizando-se um flange cego e massa plástica adequada.

ANÁLISE DAS AVARIAS

Após todos os reparos, o navio encontra-se sem poder receber óleo combustível

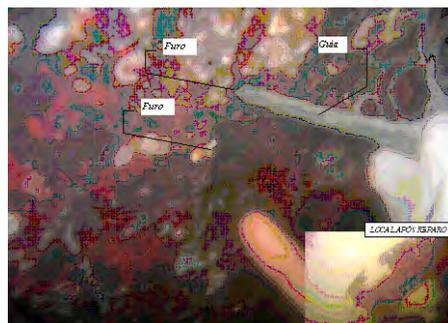


Figura 6. Furos no casco e posterior reparo

nos tanques de serviço e, conseqüentemente, impossibilitado de ligar seus motores. Como agravante, apresenta ainda avaria em uma chapa do casco que, para reparo definitivo, necessitaria de docagem. Tendo em vista a proximidade do período de docagem durante o período de manutenção geral (PMG) 2009, optou-se por sanar definitivamente todas as avarias nesta oportunidade, tendo em vista que o navio não apresenta nenhuma comissão prevista neste meio tempo.

Entretanto, não basta apenas se reparar. Há que se evitar novas falhas e, para tal, a identificação das causas básicas destas é fundamental. Os esforços devem concentrar-se sempre em evitar alguma quebra ou avaria e não em repará-las cada vez mais eficientemente. A análise de uma avaria deve consistir em se percorrer a história dos acontecimentos em sentido inverso até atingir um ponto em que seja possível implementar ações preventivas que evitarão a sua repetição.

Devido ao tempo e aos recursos técnicos disponíveis, não foi possível que se fizesse, até o presente momento, uma completa análise das avarias. Entretanto, nesta análise inicial, vamos nos ater às informações por hora obtidas e, quando necessário, assumir algumas premissas para preencher as lacunas.

Um dos fundamentos mais básicos da análise de falhas ou avarias é a observação das superfícies. A aparência da superfície danificada nos diz muito sobre o modo e o

motivo da avaria. O formato das faces de fratura nos dá informações sobre o carregamento atuante, e a aparência de superfícies desgastadas nos indica a origem do desgaste.

Coleta de dados

Tendo em mente o descrito acima, podemos coletar alguns dados para a análise das avarias:

Fabricação de peça – Todos os materiais envolvidos, sejam das chapas do tanque, do casco ou do medidor de nível, são o aço carbono comum. Todas as uniões de chapas foram feitas por soldagem. Não foi possível verificar se existia alguma diferença entre o material de fabricação do medidor de nível e os parafusos utilizados no flange.

Histórico operacional – O ambiente em que ocorreram as avarias era extremamente agressivo para qualquer tipo de material, tendo em vista a presença de água salgada, gases oriundos da combustão e temperaturas elevadas.

Histórico de manutenção – Não existe registro nenhum de que o sistema de medição de nível (KDG) tenha sofrido algum tipo de manutenção durante toda a vida operativa do navio; inclusive o mesmo encontrava-se inoperante. Foi efetuada medição de espessura, por meio de ultrassom, no chapeamento

dos tanques de óleo combustível em 2005 e do casco em 2007, não sendo detectado nenhum ponto com desgaste acentuado. Não existe nenhum registro de que se tenha feito tratamento ou pintura dos tanques.

Registro fotográfico – Foi realizado para todas as avarias, conforme pôde ser visto anteriormente, principalmente com o intuito de permitir um registro acurado da falha, principalmente para análises futuras.

Condições anormais – Neste ponto, cabe ressaltar fato que se observa constantemente, principalmente com o navio em viagem. Não é anormal que o navio faça suas peneiras carregando no porão da praça de máquinas uma quantidade de água. Tenta-se ao máximo realizar este esgoto por oportunidade do navio atracado, tendo em vista a possibilidade de auxílio de suporte externo (chata/caminhão) para retirada dessa “água de porão”. Mesmo com o porão seco, pelo próprio aspecto construtivo do navio, o local onde ocorreram as avarias é um ponto de acúmulo de água, como pode ser visto na Figura 7.

Inspeções

Todas as partes avariadas foram submetidas a uma rigorosa inspeção visual antes de qualquer limpeza.

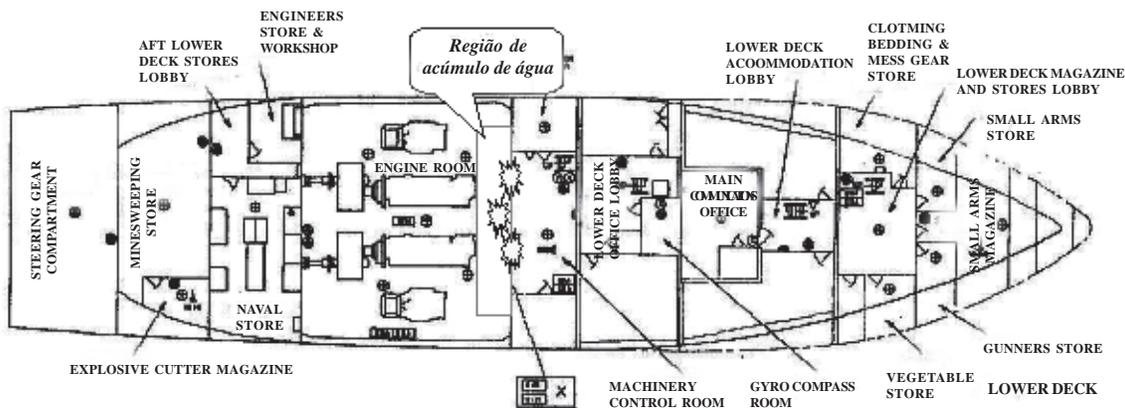


Figura 7. Esquema da localização das avarias e região de acúmulo de água no porão da praça de máquinas

No medidor de nível, foram verificados depósitos de resíduos em toda sua parte externa, confirmando sua falta de manutenção. Ficou clara a corrosão de todos os parafusos do flange, que praticamente não existiam.

Atenção particular foi dada às regiões corroídas da chapa do tanque. As fotografias registram bem a forma, o tamanho e a aparência da região da chapa onde ocorreu o furo. Prestar atenção a mudanças de textura e cor e notar a diferença entre as superfícies da chapa observadas internamente e externamente ao tanque.

Determinação do modo de falha e causa básica

A degradação dos materiais geralmente ocorre via três caminhos bem conhecidos: corrosão, fratura e atrito. Apesar de apresentarem considerações particulares, estão intimamente ligados.

A corrosão é a deterioração das propriedades úteis do material por ação química ou eletroquímica do meio ambiente. Pode causar a falha de componentes metálicos diretamente ou tornar a peça mais sujeita a outros tipos de falhas. A taxa, o tipo e a extensão do dano corrosivo admissível variam muito em função do tipo de peça. A água do mar é extremamente danosa para objetos de aço. Ela acelera o processo de corrosão em, aproximadamente, cinco vezes mais do que a água doce e dez vezes mais do que a umidade normal do ar.

Um dos tipos de corrosão existentes é a corrosão alveolar. Esta ocorre quando existem elementos despassivadores no eletrólito, como cloro ou sulfato, por exemplo, que provocam o surgimento de pequenas áreas anódicas em relação a grandes áreas catódicas vizinhas. Por isso a densi-

dade de corrente é muito alta e concentra-se num ponto, surgindo perfurações cuja profundidade é maior do que o diâmetro da base. Estas perfurações são chamadas de pites ou corrosão alveolar. Um exemplo de corrosão alveolar ou por pites é a que ocorre quando uma porção de água salgada com cloreto de sódio fica estagnada em contato com o aço. O íon do cloro rompe a camada apassivada e produz uma pequena área anódica que, após algum tempo, se transforma em um pite. Este tipo de corrosão chega a perfurar chapas grossas.

Com relação à união flangeada do medidor de nível, seria necessário um estudo mais detalhado dos materiais envolvidos, do parafuso e do flange propriamente. Entretanto,

em linhas gerais, quando um metal é conectado a outro metal mais nobre e o conjunto estabelece contato com um meio aquoso, observa-se, geralmente, um aumento de corrosão do pri-

Uma análise de avarias que não serve de subsídio para um conjunto de ações corretivas tem utilidade nula

meiro, isto é, do metal menos nobre. A ação aceleradora da corrosão promovida pelo metal mais nobre chama-se corrosão galvânica. A ação aceleradora se faz sentir em qualquer uma das formas de corrosão apresentadas anteriormente. No conjunto mostrado na Figura 8, o parafuso e as arruelas de cobre ou de latão promovem a corrosão localizada do aço.

Casos de corrosão, associados à contaminação microbiológica de combustíveis derivados de petróleo e à presença de água, têm sido observados em tanques de óleo diesel, de gasolina e de querosene para aviões a jato. Se esses combustíveis estiverem completamente livres de água, não se observa a presença de microrganismos, ou se estiverem presentes, não são ativos nesse meio. Mesmo com todas as precauções, a água

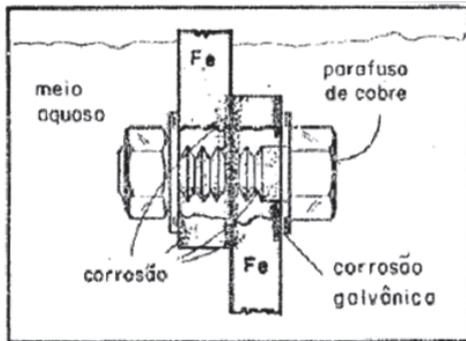


Figura 8. Ilustração de uma corrosão galvânica

pode penetrar no combustível e se acumular nas regiões de difícil drenagem. A água que aparece no diesel pode ser proveniente da condensação da umidade nos tanques de armazenagem, da entrada de água de chuva, de ação de sabotagem, de manuseio inadequado, de contaminação acidental ou do próprio processo de produção.

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Mas quais os eventos que, se modificados ou suprimidos, iriam prevenir todas estas falhas? É possível definir qual será a medida para evitar repetição do evento?

Uma análise de avarias que não serve de subsídio para um conjunto de ações corretivas tem utilidade nula. Por outro lado, se não for possível determinar as causas básicas da falha, não será possível introduzir melhorias no sistema.

A pintura de chapas de aço constitui uma solução muito favorável para a proteção anticorrosiva de superfícies expostas a ambientes corrosivos. Tem sido comprovado que nos casos em que materiais como o aço são expostos a ambientes altamente agressivos ou onde o acesso é difícil, requerendo períodos muito longos para a manutenção, a pintura promove uma boa proteção.

Dois fatores são críticos para o desempenho de uma pintura aplicada sobre o aço: a

aderência inicial e a aderência a longo prazo. A aderência inicial é alcançada pela utilização de um primário (*primer*) adequado que promova a base para as camadas seguintes. A aderência a longo prazo depende da compatibilidade das tintas com o revestimento da chapa. A utilização de tintas incompatíveis e a aplicação direta de acabamentos inadequados, sem o primário correto ou sem um pré-tratamento adequado, resultarão na falha prematura da pintura. Dessa forma, deve-se programar, como forma de manutenção preventiva, o tratamento e a pintura das chapas, tanto dos tanques quanto do casco. Assim, uma sugestão seria:

TRATAMENTO E PINTURA DE TANQUE E PORÃO DE PRAÇA DE MÁQUINAS

- Escopo: 1. limpeza ST-2;
2. tratamento mecânico ST-3;
3. limpeza com solvente; e
4. pintura.

Por oportunidade do momento desta manutenção, aproveita-se para realizar inspeção ultrassônica das chapas. A inspeção ultrassônica, ou teste por ultrassom, é uma das técnicas de ensaio não destrutivo mais utilizadas, aplicada para se medir uma variação nas características do material, tendo sido usada por décadas para medição da espessura de objetos sólidos. Entretanto, mesmo com os mais sofisticados equipamentos existentes atualmente, é inviável o uso desta técnica para monitoramento em tempo real.

A termografia é uma técnica de inspeção emergente que permite o monitoramento das características térmicas de um determinado objeto quando este está aquecido, resfriado ou mesmo mantido nas condições do ambiente. Ela tem se tornado uma

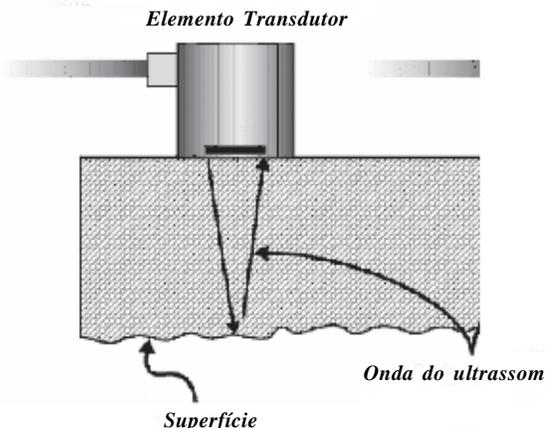


Figura 9. Esquema de uma medição de espessura de chapa por ultrassom

ferramenta largamente popular à medida que os custos dos equipamentos se reduzem e os recursos computacionais se tor-

nam mais acessíveis para a geração e o tratamento dos dados obtidos. Os equipamentos comerciais existentes permitem que se detecte uma variação de $0,2^{\circ}\text{C}$ em materiais com temperatura de até 500°C . Os componentes a serem inspecionados devem ser termicamente condutivos e apresentar cores e textura uniformes.

Em um sistema de medição termográfica utilizando uma câmera de imagem térmica, a energia infravermelha irradiada e refletida da superfície do material sofre uma inspeção. O local que apresenta um determinado defeito (ponto de corrosão ou fissura) irá apresentar emissividade e difusão térmica que são diferentes do substrato do material. Essas diferenças na emissividade e na difusão térmica serão visualizadas por variações da claridade na imagem, permitindo que a falha seja detectada e caracterizada.

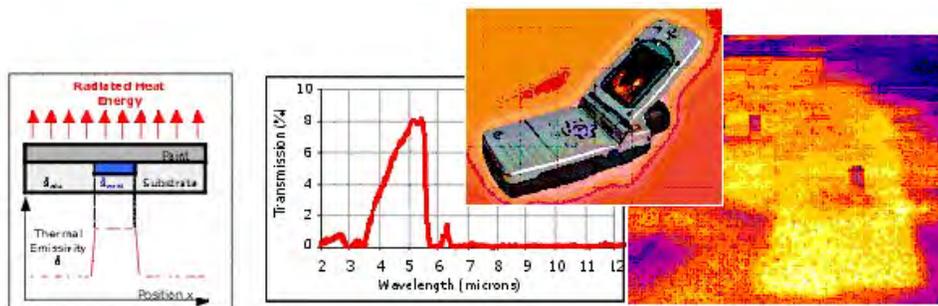


Figura 10. Esquema de monitoramento de chapa utilizando câmera termográfica

📁 CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:
<APOIO>; Reparo; Manutenção; Corrosão; Máquinas;

REFERÊNCIAS

1. ROBERGE PR. *Handbook of Corrosion Engineering*. New York: McGraw-Hill, 2000.
2. BERRY WE. "Water Corrosion". In: *Van Delinder LS and Brasunas Ad*, eds. *Corrosion Basics*, Houston, TX: NACE International, 1984; 149–176.
3. UHLIG HH. *Iron and Steel*. In: *Uhligh HH*, ed. *The Corrosion Handbook*. New York: John Wiley & Sons, 1948; 125–143.