

Novos conceitos e tecnologias aplicados ao Apoio Logístico Integrado

Marcelo de Oliveira Predes *

O Apoio Logístico Integrado (ALI) pode ser definido como um conjunto de processos gerenciais e técnicos aplicados a um determinado sistema, que, de forma integrada, constituem o seu plano de suporte, assegurando que o apoio logístico necessário possa ser adequadamente fornecido no momento oportuno a uma relação custo-benefício otimizada. O ALI está inserido em diversas áreas da Gestão do Ciclo de Vida (GCV), a exemplo da engenharia de sistemas, a qual norteia a elaboração dos requisitos de sistemas voltados ao suporte.

O complexo planejamento do apoio envolve diferentes temáticas, que usualmente são classificadas como elementos do ALI. Cabe ressaltar que a subdivisão do ALI em subtópicos visa, principalmente,

assegurar que todos os aspectos do apoio necessário sejam analisados, devendo-se ter em mente a importância da inter-relação contínua destes elementos ao longo do ciclo de vida. Estes elementos são definidos da seguinte forma: recursos computacionais, recursos humanos, apoio ao suprimento, influência no design, EMAT (Embalagem, Manuseio, Armazenagem e Transporte), equipamentos de apoio e teste, infraestrutura de apoio, gestão de apoio ao produto, apoio continuado de engenharia, manutenção, dados técnicos e treinamento.

A Norma SX000i define a correlação entre os elementos do ALI e suas principais atividades com as fases do ciclo de vida do sistema (*Aerospace and Defence Industries Association of Europe, 2021*), conforme ilustrado na figura 1.

Figura 1: Correlação de elementos do ALI com as fases de ciclo de vida

ELEMENTO DE ALI	ATIVIDADES	CONCEPÇÃO	DESENVOLVIMENTO	PRODUÇÃO	OPERAÇÃO/APOIO	DESAFIZAMENTO
RECURSOS COMPUTACIONAIS	Analisar recursos computacionais					
	Fornecer recursos computacionais					
INFLUÊNCIA NO DESIGN	Realizar análises de confiabilidade					
	Realizar análises de apoio logístico					
	Realizar estimativas de custo de CV					
	Gerenciar estimativas de custo					
INFRAESTRUTURA	[...]					
MANUTENÇÃO	[...]					

Fonte: elaborada pelo autor

EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE MANUTENÇÃO

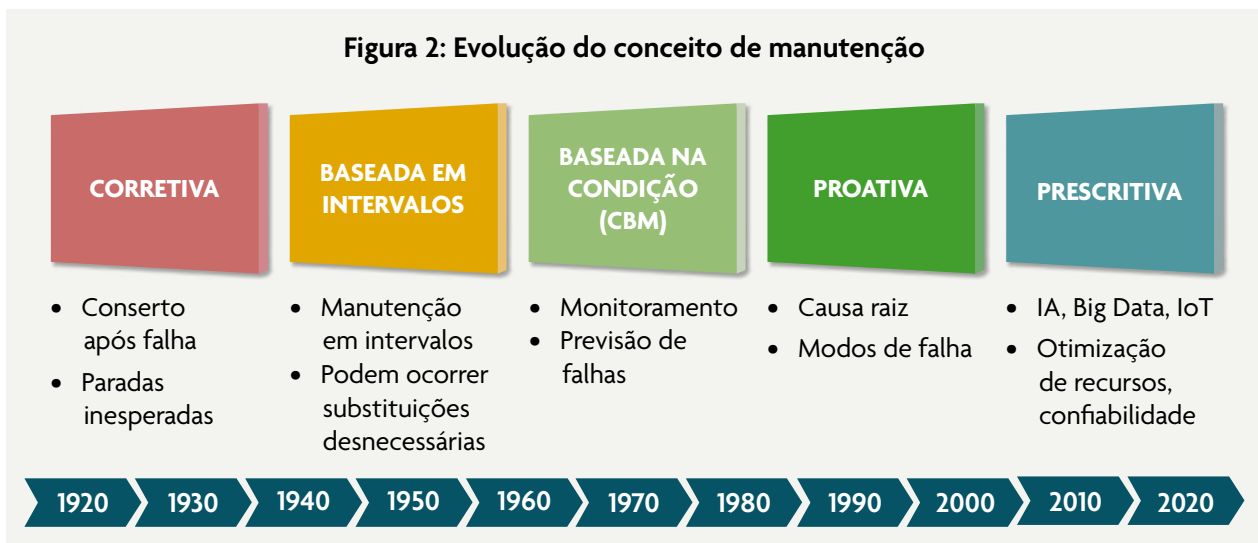
Ao se analisar especificamente o elemento manutenção, verifica-se que o conceito evoluiu gradualmente desde o último século, buscando-se maior confiabilidade e menores custos operacionais dos sistemas. Como observado na figura 2, a manutenção evoluiu da abordagem corretiva, na qual as ações são executadas após a falha, para estratégias mais sofisticadas, inicialmente através de intervenções em intervalos de tempo programados (o que pode resultar em substituições prematuras ou tardias de componentes), passando para a abordagem baseada na condição do equipamento ou componente (também conhecida como *Condition Based Maintenance* – CBM).

O passo seguinte foi a busca pela análise e eliminação das causas raiz das falhas e, por fim, a abordagem prescritiva, que emprega modernas ferramentas para análises avançadas e decisões automáticas de manutenção. Um plano de manutenção moderno combina estas diferentes estratégias de forma otimizada, adequando parâmetros como confiabilidade, custo e recursos tecnológicos disponíveis, ajustando assim a abordagem conforme a criticidade dos equipamentos e componentes envolvidos e o contexto operacional. Usualmente, os elementos considerados mais críticos são envolvidos em estratégias de manutenção mais sofisticadas, onde a confiabilidade justifica um maior investimento de suporte.

Além destas questões, deve-se considerar que o plano de manutenção de um sistema complexo pode envolver milhares de tarefas, muitas vezes correlacionadas, e cujo gerenciamento é dinâmico, visto que o perfil real de utilização pode sofrer consideráveis desvios em relação ao planejamento original. Uma simples rotina de inspeção preventiva de determinado componente pode desencadear uma ação corretiva complexa, demandando uma série de recursos logísticos, como ilustrado na figura 3.

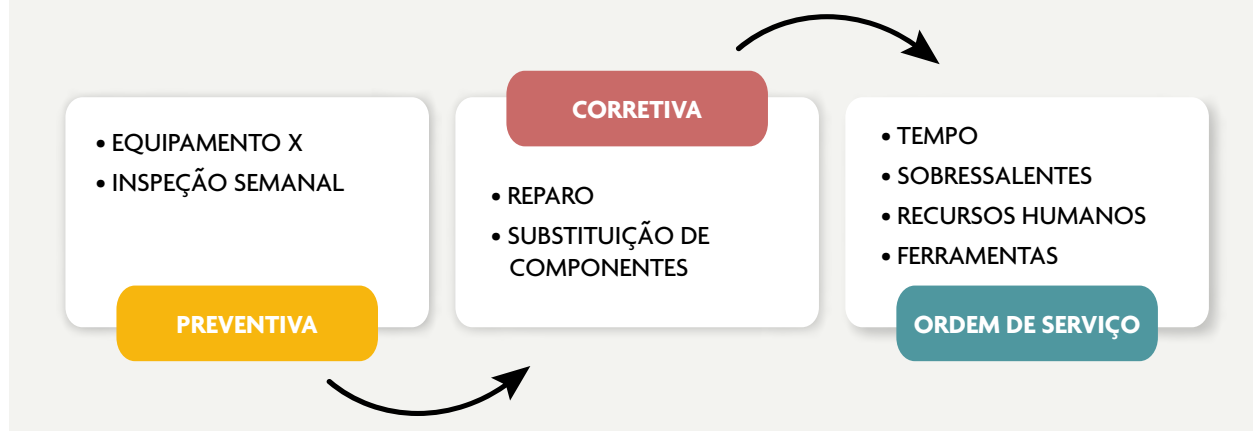
NOVAS TECNOLOGIAS

A crescente complexidade de dados envolvidos no gerenciamento logístico dos sistemas estimulou o desenvolvimento de diferentes ferramentas tecnológicas. Há alguns anos, o planejamento da manutenção conta com sistemas informatizados, que otimizam a manipulação da intrincada estrutura de atividades mencionada no item anterior. A primeira categoria destes sistemas é denominada CMMS (*Computerized Maintenance Management System*), que conta com diferentes funcionalidades para o gerenciamento da manutenção, tais como emissão e controle de ordens de serviço, registro de histórico de manutenção, gestão de itens de suprimento e outros recursos empregados na manutenção e na programação de tarefas. Um segundo grupo é classificado como EAM (*Enterprise Asset Management*), no qual estão incluídas



Fonte: elaborada pelo autor

Figura 3: Exemplo de correlação de atividades de manutenção



Fonte: elaborada pelo autor

ferramentas focadas no gerenciamento completo do ciclo de vida dos ativos. Além das funcionalidades existentes em um CMMS, também pode incluir recursos de gestão financeira dos ativos, conformidade regulatória, análise de desempenho, dentre outras.

O constante avanço tecnológico viabilizou a estruturação de muitas outras soluções atualmente utilizadas em proveito da suportabilidade dos sistemas. A Inteligência Artificial (IA) pode ser utilizada em processos de análise de dados, otimização e automação de decisões; a Internet das Coisas (IoT – *Internet of Things*) contribui para o monitoramento em tempo real de componentes e a redução de falhas; os gêmeos digitais (*Digital Twins*) replicam componentes físicos, possibilitando simulações detalhadas de seu comportamento. Já a realidade virtual (VR – *Virtual Reality*) viabiliza adestramentos imersivos, tanto para operação quanto para manutenção de sistemas. A Figura 4 sintetiza a aplicabilidade destes recursos no ALI.

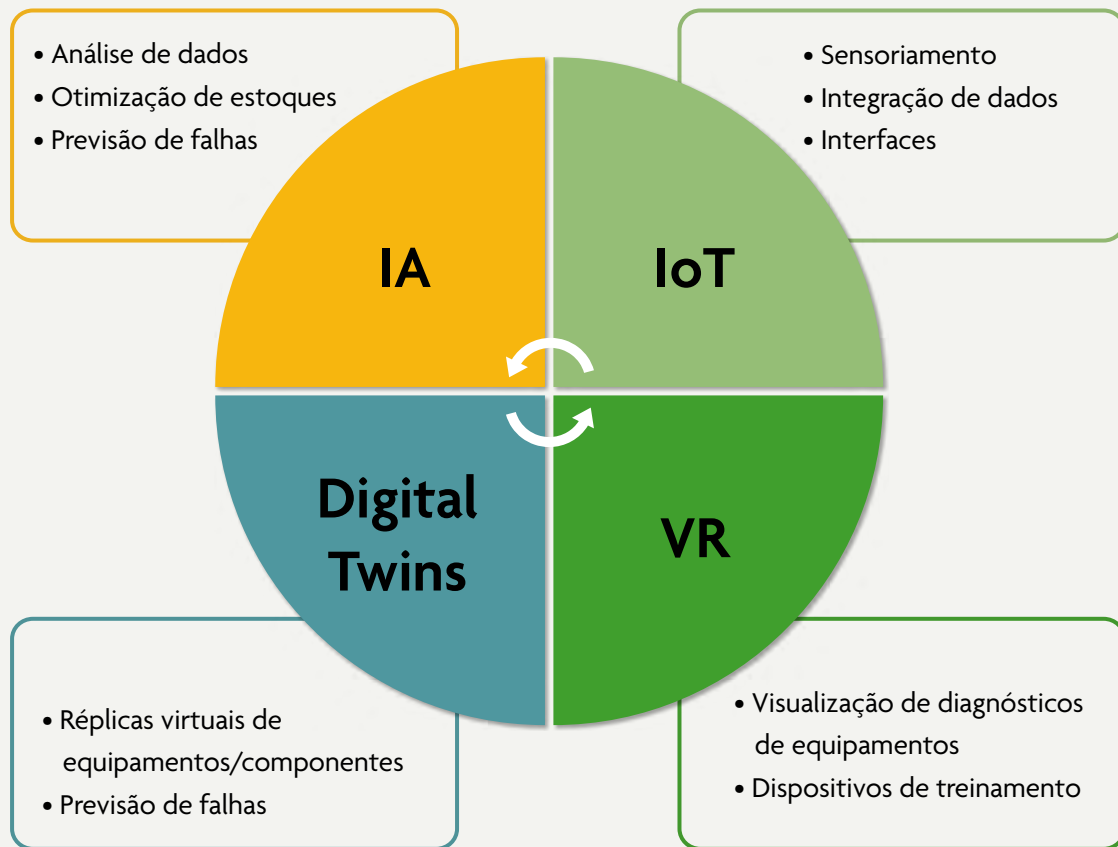
APLICAÇÃO NA MARINHA DO BRASIL

Os conceitos contemporâneos de suportabilidade de sistemas, descritos em diferentes referências normativas nacionais e estrangeiras, podem ser internalizados de acordo com a estrutura organizacional da Marinha. Conforme apresentado, os processos de ALI estão presentes em todas as cinco fases do ciclo de vida, por meio de diferentes atividades relativas aos seus elementos. Logi-

camente, a internalização das abordagens recentes envolve o desdobramento destas atividades principais em outros subprocessos, devidamente alinhados à estrutura da instituição. As definições gerenciais de suportabilidade podem ser consolidadas em uma nova versão do manual de apoio logístico integrado da Marinha do Brasil (MB), já incorporando os mais recentes conteúdos normativos. O detalhamento dos processos inseridos neste documento pode ser melhor abordado em outras normas, voltadas a atividades específicas, como é o caso da norma para o desfazimento de meios navais, aeronavais e de fuzileiros navais da MB, a DGMM-0200, recentemente concluída.

Além da questão normativa, verifica-se que a MB atribui especial atenção aos elementos de suportabilidade em seus principais programas, como é o caso do Programa de Submarinos (PROSUB), o Programa das Fragatas Classe “Tamandaré” (PFCT) e o Programa do Navio Polar “Almirante Saldanha”. O PFCT contempla um amplo pacote de diferentes processos de GCV e ALI, considerados desde a fase inicial do programa. O escopo de ALI inclui o desenvolvimento de um planejamento de manutenção complexo, derivado de análises de apoio logístico, análises de modos de falha e criticidade e otimização de manutenção preventiva, em conformidade com padrões internacionais utilizados inclusive na indústria aeronáutica. O produto de todas estas análises comporá um banco de dados logísticos estruturado, que será atualizado ao longo da vida útil dos navios. Além

Figura 4: Novas tecnologias em proveito do ALI



Fonte: elaborada pelo autor

disso, também são previstos um CMMS nativo, contendo todos os dados logísticos necessários ao gerenciamento da manutenção e publicações técnicas interativas e eletrônicas (IETP – *Interactive Electronic Technical Publications*), que proporcionam uma experiência mais dinâmica para a consulta de informações técnicas. No tocante aos recursos de treinamento, o programa engloba ferramentas de realidade virtual, estações de familiarização do ambiente de bordo, simulador tático e dispositivos de aprendizado baseados em computador (CBT – *Computer-Based Training*), que possibilitam a simulação de operação de sistemas embarcados nas fragatas.

Além destes programas, a MB possui um projeto específico de solução integrada do tipo EAM, o SIGMAN, ferramenta que possibilitará a gestão padronizada de diferentes sistemas atualmente em

uso. Dentre suas funcionalidades, pode-se destacar a gestão de manutenção, o monitoramento de desempenho e controle de inventário de itens diversos. Este sistema deverá ser compatível com os principais padrões de bancos de dados utilizados, bem como possibilitar a inserção de informações de sistemas legados. ■

REFERÊNCIAS

Ministério da Defesa. (2023). *Manual de Boas Práticas de Apoio Logístico Integrado de Sistemas de Defesa* – MD44-M-01.

Aerospace and Defence Industries Association of Europe. (2021). *SX000i – International Guide for the Use of the S-Series Integrated Product Support (IPS) Specifications*.

Gulati, R. (2012). *Maintenance Best Practices*. Industrial Press.

* Capitão de Corveta (EN)