

# UM HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO E CONCEITOS SOBRE SUA FUNÇÃO

TIUDORICO LEITE BARBOZA\*  
Contra-Almirante (EN- Ref<sup>b</sup>)

---

## SUMÁRIO

Introdução  
Histórico  
Conclusão

## INTRODUÇÃO

Este artigo propõe-se a abrir espaço na *Revista Marítima Brasileira* para um assunto que se supõe ser de interesse da comunidade de leitores da revista, qual seja o acervo de conhecimentos sobre a História da Manutenção e sobre a função Manutenção. Constitui um apanhado de informações utilizadas, principalmente nas referências [1], [2] e [3].

## HISTÓRICO

A denominada Primeira Revolução Industrial teve seus primórdios por volta de 1750 e caracterizou-se pela introdução

das máquinas motrizes a vapor e pela mecanização das indústrias.

A primeira indústria a ser mecanizada foi a da tecelagem, nas Ilhas Britânicas [1]. Nessa época, os reparos necessários nas máquinas e equipamentos eram executados pelos próprios operários da produção. Esta situação, característica de uma manutenção improvisada não organizada, do tipo "quebra-repara", manteve-se até princípios do século XX.

Com a guerra mundial de 1914 e com a invenção da produção em série, introduzida pelo fabricante de automóveis Ford, as principais indústrias passaram a programar a produção em termos de valores mínimos a atingir e, para conseguir

---

\* O autor é engenheiro naval e D.S.C. em Engenharia Oceânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e faz parte do Corpo Docente do Centro de Instrução Almirante Wandenkolk (CIAW).

o propósito de aumento da produção e produtividade, tiveram que criar grupos especializados em manutenção, de modo que os reparos fossem efetuados em boas condições técnicas e no mínimo intervalo de tempo possível.

Este era o início da Manutenção Corretiva, que, até por volta de 1920/1930, era focada apenas no reparo de equipamentos avariados, sem sistemização na organização e execução da manutenção, com baixo nível de gerenciamento, subordinada à função produção e com planejamento e controle rudimentares. Este tipo de manutenção ainda predomina em grande número de atividades produtivas industriais e de serviços.

Essa estratégia era viável devido:

- à robustez dos equipamentos – os altos fatores de segurança (e até mesmo de ignorância) reduziam a propensão à falha;
- ao alto nível de redundância existente (“Quem tem dois, tem um; quem tem um, não tem nenhum”);
- pequena interdependência dos equipamentos, fazendo com que uma avaria em um dado equipamento não se refletisse nos demais.

Não existia sistema de manutenção estruturado (por exemplo, um departamento de manutenção nas fábricas ou uma divisão por escalões no caso naval); os operadores eram responsáveis por um mínimo de manutenção, afeta apenas àquilo que influenciasse o desempenho; o chefe da produção (ou da condução, no caso naval) tinha pessoal para as fainas de correção de avarias, organizacionalmente colocado como assessores diretos. Era a época do *Gitafi* (Get In There And Fix It) [2] e [3].

Entre 1920 e 1930, nascia uma Manutenção Preventiva insipiente, baseada na repetição de ações de manutenção primárias, tais como reaperto de parafusos

e lubrificação periódica. E, em função de plantas mais modernas, com equipamentos interdependentes (por exemplo, linhas de montagem e sistemas de propulsão do tipo turbina a vapor), avarias em um equipamento comprometiam seriamente a operação do sistema como um todo e assim, as avarias tinham que ser evitadas e não apenas corrigidas [2] e [3].

Porém essa estratégia de manutenção não era ainda sistemática, pois não havia nenhum plano de ação, nem instruções preestabelecidas. Um elemento dedicado circulava pela planta, executando as ações, na medida e na frequência que ele ou o chefe considerassem razoáveis. Dependia em muito da vivência com o equipamento e da experiência do elemento que a executava. Férias (que começavam a se tornar direito comum dos trabalhadores) podiam causar aumento da taxa de falhas. Apesar de simples, essa estratégia foi responsável por substancial redução no número de falhas, principalmente nas linhas de montagem e na indústria naval.

Entre 1930 e 1950, como resposta às demandas da Segunda Guerra Mundial, as indústrias básicas sentiram a necessidade não somente de corrigir os defeitos dos equipamentos, como também de evitar ou atrasar a ocorrência de defeitos capazes de interferir na produção, com uma Manutenção Preventiva sistemática, isto é, com organização definida, procedimentos formalizados e com periodicidade estabelecida. Era a Manutenção posta no papel pela primeira vez, havendo um *boom* nos Estados Unidos da América (EUA), na época da Segunda Guerra, devido à falta de pessoal especializado em diagnóstico e reparo (causada pela convocação de homens para a guerra e utilização de mulheres neste tipo de tarefa).

Nascia assim a Manutenção Preventiva como complemento à Manutenção Corre-

tiva, e a função Manutenção começava, assim, a tomar uma importância dentro das fábricas em nível da produção, apesar de ficar ainda a ela subordinada.

Essa estratégia considerava a substituição, em caráter preventivo, de itens que se desgastavam, visando prevenir as avarias, e essa substituição era economicamente justificada pela redução dos fatores de segurança adotados e pelos crescentes níveis de segurança exigidos (por exemplo, indústria aeronáutica). A ambição de toda boa fábrica ao final da Segunda Guerra Mundial era ter um sistema de Manutenção Preventiva estabelecido. A área naval (principalmente a US Navy) seguiu e desenvolveu tal tendência, sendo esta ainda utilizada hoje em diversas instalações.

No Pós-Guerra, na década de 1950, as indústrias aeronáutica e eletrônica sentiram a necessidade de utilizar métodos mais sofisticados para diagnosticar as falhas e para analisar as causas e os efeitos das avarias nos componentes e equipamentos, pois, em sistemas elétricos e eletrônicos, a análise dos defeitos pode ser muito demorada e exigir um tempo maior do que o do reparo propriamente dito. Desenvolveu-se então o conceito de Engenharia de Manutenção, cujo papel consiste em planejar e controlar a Manutenção Preventiva. Criaram-se, para desempenhar esta função, órgãos especializados, ainda vinculados à produção.

Entre 1950 e 1970, foi desenvolvido nos EUA o conceito de Manutenção Produtiva, como um passo adiante em relação à Manutenção Preventiva da década de 1940. Buscava a falha zero por meio de [2] e [3]:

– prevenção da manutenção, ou seja, as soluções de projeto que evitassem a necessidade de ações de manutenção (interface operador x projetista);

– eliminação das causas de falhas, ou seja, toda falha tinha suas causas investigadas, gerando contramedidas que evitassem sua repetição; e

– ações preventivas periódicas.

Essa filosofia de manutenção reduziu ainda mais as falhas, mas não alcançou a falha zero, pois, com os novos métodos de cálculo e de projeto desenvolvidos à época e com a busca pela otimização causada pela acirrada competição no mercado, os equipamentos tornaram-se muito mais complexos e sensíveis.

Para muitas organizações atuais, essa estratégia de manutenção ainda é um estágio a alcançar. Os EUA exportaram tal estratégia para o Japão do Pós-Guerra, durante o período de reconstrução tutelada pelos americanos, via George Smith, J. Juran e W. Deming [2] e [3].

A partir de 1965, foi desenvolvida nos EUA e no Reino Unido a Manutenção voltada para a Confiabilidade (RCM), que, aceitando o insucesso da Manutenção Produtiva na busca da falha zero, tentava eliminar as consequências da falha. Iniciou-se na indústria aeronáutica americana (United e American Airlines) e propagou-se para as áreas nuclear, militar e de geração elétrica. A US Navy e a Royal Navy adotam, pelo menos parcialmente, os conceitos do RCM, existindo normas específicas sobre o assunto (MIL-STD e NES-45) [4].

Começaram a ser utilizados, cada vez mais, instrumentos e técnicas de medição sofisticados e capazes de permitir a detecção de sintomas numa fase muito inicial, mas suficiente para a previsão de ocorrência de futuras falhas. O RCM tenta determinar as necessidades de manutenção de um dado equipamento ou sistema a partir da resposta a sete questões fundamentais:

1) Qual é a função do equipamento e desempenho necessário para que ele possa

cumprir essa função em dado contexto operacional?

2) De que maneiras pode o equipamento falhar no ato de cumprir sua função?

3) O que pode causar cada uma dessas falhas?

4) O que acontece quando cada uma dessas falhas ocorrem?

5) De que forma cada uma dessas falhas se manifesta?

6) O que pode ser feito para prevenir cada uma dessas falhas?

7) O que fazer se uma medida preventiva não puder ser estabelecida?

Também a partir de 1965 foi desenvolvida, no Japão, a Manutenção da Produtividade Total (TPM), como um passo à frente em relação à Manutenção Produtiva na busca pela falha zero. Baseia-se na cooperação, no esmero e na dedicação de todos da organização, principalmente do operador e da alta direção, nas atividades de manutenção. O TPM, a Qualidade Total e o *Just-in-time* formam o tripé responsável pelo impressionante desempenho industrial do Japão a partir da década de 70 [ 5 ].

Voltado inicialmente para a indústria de produção seriada, o TPM virou “febre” no Ocidente, em todos os ramos de atividade, inclusive em alguns para os quais não era adequado, e tenta obter a maior eficiência global do sistema (meta de zero defeitos), mediante 5 contramedidas básicas:

- condições básicas de limpeza, lubrificação e instalação;
- procedimentos corretos de operação;
- reversão da degradação;
- eliminação das fraquezas no projeto; e
- aprimoramento da capacitação de condução e manutenção.

Tem como propósito obter o maior Nível Global de Eficiência (OEE) possível. Este índice é definido por:

OEE = (disponibilidade %) x (eficiência %) x (ritmo de operação %). Organi-

zações denominadas “World-Class” tem OEE superiores a 85%.

A implementação do TPM passa necessariamente pelas seguintes etapas:

– eliminação das seis grandes fontes de perdas (avarias, ajustes excessivos e complexos, tempo morto e outras esperas, operação sob restrição, reduzida flexibilidade e tarefas não executadas adequadamente);

– programa autônomo de manutenção para os condutores;

– programa formal, estabelecido para o setor de manutenção;

– aprimoramento do pessoal na condução e manutenção; e

– programa de gerenciamento inicial dos equipamentos.

Visa inculcar em todos as virtudes conhecidas como “5S” (*seiri* = organização, *seiton* = esmero, *seiso* = apuro, *seiketsu* = limpeza, e *shitsuke* = disciplina).

A partir de 1970, foi desenvolvida no Reino Unido a terotecnologia, como resposta inglesa às estratégias de manutenção desenvolvidas nos EUA e no Japão. Baseia-se no anseio de minimizar o custo do ciclo de vida do equipamento. Esse custo inclui o custo de obtenção (projeto, especificação, aquisição, documentação e treinamento inicial), custos de operação, custos das ações de manutenção (estoque de sobressalentes inclusive) [6].

A partir de 1975, os novos recursos de monitoração, processamento de sinais e a redução substancial no preço dos computadores viabilizaram a Manutenção Preventiva Preditiva, na qual as ações de manutenção são planejadas em função de avaliação do estado corrente da máquina. É conhecida por diversos nomes, como Condition-Based Maintenance, Diagnostic-Based Maintenance, Condition Monitoring, Health Monitoring e Manutenção Sintomática.

Período	Tipo de manutenção	Características
1750-1914	Manutenção improvisada	Tipo "quebra-repara"
1914-1930	Manutenção Corretiva	Sem planejamento, sem controle
1930-1950	Manutenção Preventiva + Corretiva	Com planejamento, sem controle
1950-1970	Engenharia de Manutenção	Com planejamento, com controle
1970-atualidade	Manutenção Preditiva	Análise de sintomas Análise estatística Processamento digital de dados
Futuro	Manutenção Preditiva Contínua	Medição contínua de sintomas com centros de diagnósticos

A partir de 1990, foram formuladas as bases formais da Manutenção Pró-Ativa, que considera que a Manutenção Preditiva é incompleta, pois só estabeleceria ações de manutenção em função da iminência de falha. A Pró-Ativa, baseada em métodos similares aos da Preditiva, estabeleceria ações antecipadas que manteriam a estabilidade do sistema e inibiriam o início da ocorrência da falha. O conceito vem ganhando adeptos. A US Navy tem demonstrado algum interesse nessa direção [7].

Resumindo, verificam-se na tabela acima as fases na evolução da manutenção.

## CONCLUSÃO

A prática da Manutenção Preditiva em Marinhas avançadas, como a Royal Navy e a U.S. Navy, mostra que esta não é uma abordagem a ser contemplada somente por empresas, mas também no âmbito das Forças Armadas, no qual, sem dúvidas, a Marinha do Brasil é precursora. Com investimentos em Ciência & Tecnologia, o que requer que os orçamentos permitam, tais técnicas, mais e mais, chegarão para ficar, já que o tempo é o grande inovador.

📁 CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:  
<APOIO>; Manutenção;

## REFERÊNCIAS

- [1] SANTOS, J. Horta. *Manutenção Preditiva*. Núcleo de Treinamento Tecnológico, UFRJ, 1996.
- [2] MOBLEY, R. K. *An Introduction to Predictive Maintenance*. 2nd ed., Butterworth, 2002.
- [3] Notas de aula da disciplina "Manutenção e Diagnóstico de Máquinas", ministrada no CIAW.
- [4] "Reliability Centred Maintenance", Moubay, Butterworth Co.
- [5] "Total Productivity Maintenance", Nakagima, Productivity Press.
- [6] "Terotechnology and Maintenance Systems", British Standard 3811, 1984.
- [7] "Handbook of Condition Monitoring", R. Rao.