

Técnicas de Instalação e Manutenção

Aula 06 - Sistema de Manutenção Planejada
(SMP) e teoria básica de confiabilidade

Apresentação

Nesta aula, você aprenderá a utilizar as terminologias e os procedimentos relacionados a um Sistema de Manutenção Planejada. Estudará também como aplicar o conceito de confiabilidade relacionado às práticas da manutenção.

Objetivos

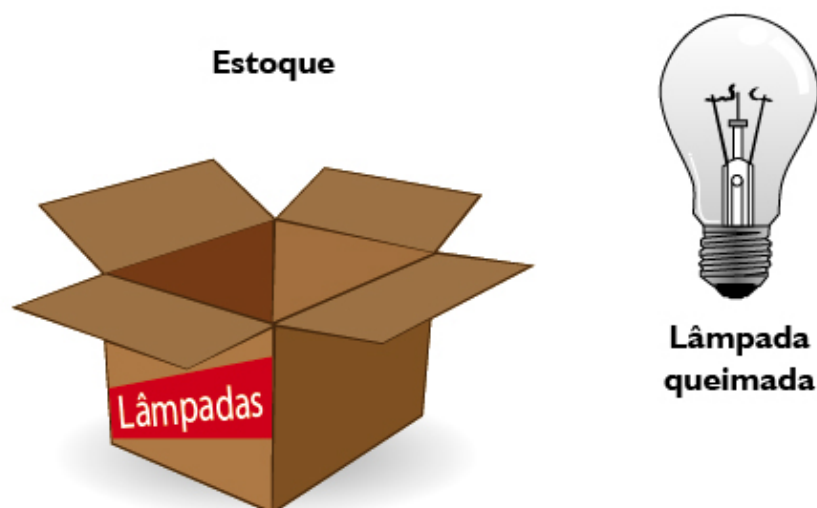
- Caracterizar um Sistema de Manutenção Planejada e teoria básica de confiabilidade.
- Conceituar termos básicos relacionados à teoria da confiabilidade.
- Avaliar a importância do gerenciamento da execução dos procedimentos de responsabilidade do setor de manutenção de empresas.

Sistema de Manutenção Planejada (SMP)

O Sistema de Manutenção Planejada (SMP) é constituído por todas as ações referentes à manutenção de equipamentos, associadas a um gerenciamento, como capacitação de recursos humanos, estoque de materiais, acompanhamento jurídico de contratos, distribuição de atividades, entre outros.

Em aulas anteriores, pudemos perceber que procedimentos técnicos de manutenção estão presentes no dia a dia de empresas, instituições, e têm por objetivos: redução de custo, aumento de lucro e melhoria na qualidade de produtos ou serviços fornecidos. Entretanto, o gerenciamento não planejado de todos os aspectos associados a esses procedimentos pode levar a ineficiência e a ineficácia das medidas tomadas. Em outras palavras, caso, por exemplo, a equipe de manutenção comece a trocar lâmpadas sem o devido registro, um dia podem faltar lâmpadas no setor para realizar a manutenção, deixando a empresa no escuro (**Figura 1**).

Figura 01 - Representação de uma lâmpada queimada que não pode ser trocada por falta de lâmpadas novas disponíveis



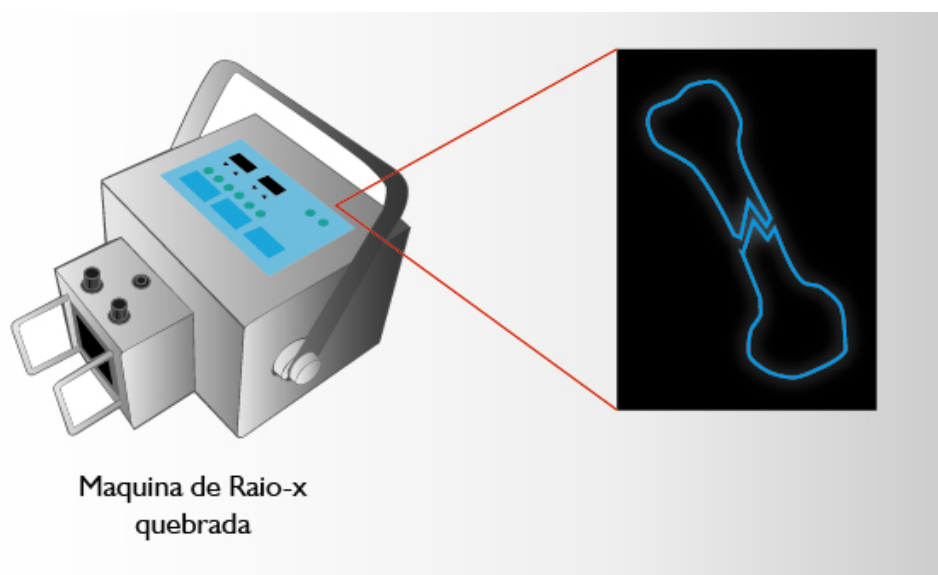
Fonte: Autoria própria.

Imagine um equipamento médico-hospitalar, como uma máquina de raio X (aquela que permite “fotografar” nossos ossos). Todo hospital deve possuir uma equipe de manutenção responsável por manter, entre outros equipamentos, a máquina de raio X em funcionamento.

Caso ela apresente defeito, deve-se imediatamente enviar um profissional da equipe de manutenção para consertar o equipamento? A resposta dependerá do que?

Primeiramente, informações sobre o equipamento devem ser respondidas. Deve-se verificar se o equipamento não está na garantia ou se está sob contrato de manutenção de empresa terceirizada. Deve-se também verificar a ordem de prioridade dos equipamentos que se encontram com problema, se existe pessoal capacitado para a realização da tarefa e quantos profissionais serão necessários, se existem peças disponíveis para fazer a substituição da peça danificada, entre muitos outros aspectos.

Figura 02 - Equipamento com problema de funcionamento e a respectivas necessidades de manutenção definidas pelo Sistema de Manutenção Planejada.



Fonte: Autoria própria.

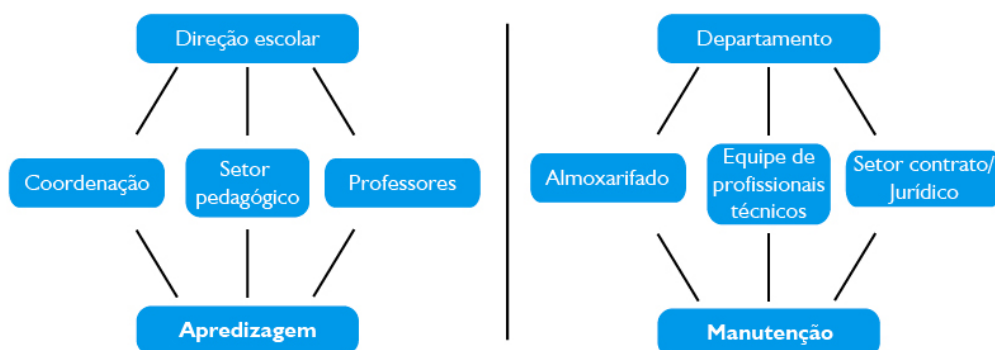
Você percebeu que para se consertar uma máquina é necessário um conjunto de informações a respeito de equipamentos, equipe de manutenção (Quem consertará? Qual a capacitação do profissional?), peças de reposição (Quais peças

serão trocadas?), formas de registro (Como será feito o registro do serviço?), contratos e, principalmente, o seu gerenciamento. A esse conjunto chamamos de Sistema de Manutenção Planejada.

Características de um sistema de manutenção planejada

Para que um SMP funcione dentro das expectativas da empresa, as atividades de manutenção são conduzidas através de uma estrutura organizacional com vários níveis de operação. Em uma escola, a direção, setor de professores, setor psicopedagógico, coordenação, entre outros, possuem responsabilidades específicas frente ao objetivo de conduzir o aluno a um processo de aprendizagem. Da mesma forma, as empresas possuem departamentos, divisões, seções etc. responsáveis pelo planejamento da manutenção para cada nível de operação, considerando as demais atividades da organização.

Figura 03 - Paralelo entre setores de uma escola e de uma empresa voltados para os seus respectivos objetivos



Fonte: Autoria própria.

Como você pode imaginar, assim como na escola, em uma empresa, cada setor e seus profissionais possuem responsabilidades específicas pelo cumprimento da tarefa que lhe foi atribuída e as atividades de cada nível de operação do sistema são controladas, de forma a assegurar a realimentação da informação.

Assim, para o setor responsável pela manutenção de uma frota de ônibus, por exemplo, a oficina mecânica deve registrar a quilometragem em que ocorreram trocas de óleo, pneu, entre outros. Os motoristas devem anotar ruídos diferentes,

imprevistos na estrada que podem ter causado danos. O almoxarifado deve realizar compras dentro do planejamento associado às manutenções corretivas e preventivas, entre outros.

Figura 04 - O plano de manutenção precisa de atualização com registro do histórico de manutenção



Fonte: Autoria própria.

O funcionamento do SMP é baseado na existência, em níveis estabelecidos pelo próprio sistema, de documentação (histórico de manutenção de equipamentos, ordem de serviço etc.), equipamentos e ferramental de teste, sobressalentes e qualificação do pessoal.

Um Sistema de Manutenção Planejada não entra em funcionamento por si só, nem produz resultados automaticamente. É indispensável a existência, em todos os níveis de operação do sistema, de uma atitude mental positiva (**Figura 5**), de crença e confiança na eficiência do SMP. Devem existir condições para permitir o início imediato das atividades de manutenção corretiva, ao ser identificada avaria durante a execução de rotinas de manutenção preventiva, a existência de elementos para uma contínua avaliação da eficiência do sistema, e de instrumentos para seu aperfeiçoamento, são obrigatórios para um SMP.

Figura 05 - Planejamento e determinação são características essenciais para a realização dos objetivos de um setor de manutenção



Fonte: Autoria própria.

Atividade 01

Imagine que você é o executivo de uma grande empresa multinacional no setor de energia. A sua atual meta da semana é planejar a manutenção de um parque eólico composto por 50 máquinas, distante a 300km da capital, a ser realizada durante o intervalo de um mês.

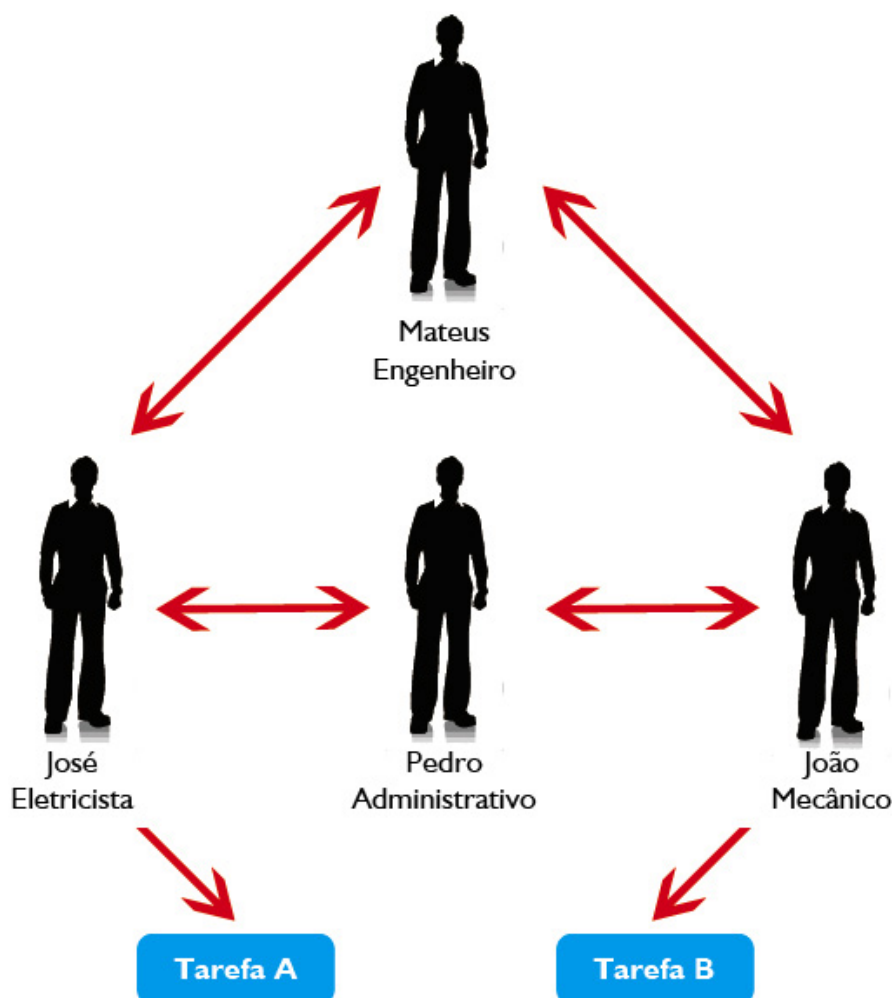
Refleta, discuta e faça uma lista (checklist) de providências que devem ser tomadas.

As etapas do SMP

A organização de um setor de manutenção e, portanto, de um SMP, necessita de reflexões e de diferentes responsabilidades em diversos momentos, denominados aqui de etapas. As etapas que compõem um SMP são as seguintes: planejamento, programação, execução, registro, controle, e acessórios. Vejamos cada uma delas a seguir.

1. **Planejamento:** distribuição das atividades de manutenção (rotinas de manutenção) ao longo de um período considerado como ciclo para a organização.

Figura 06 - Distribuição das atividades de manutenção



Fonte: Autoria própria.

2. **Programação:** dentro do período básico estabelecido para a organização, das tarefas de manutenção, a partir do planejamento realizado (**Tabela 1**).

Cronograma de atividades de manutenção preventiva em rede de transmissão de energia Metrópole Digital												
Locais	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Subestação a												
Subestação b												
Subestação c												
Linha de transmis. 1												
Linha de transmis. 2												

tabela 1 - Exemplo de planejamento de cronograma de execução para manutenção de subestação e linhas de transmissão

3. **Execução:** realização, propriamente dita, das tarefas de manutenção programadas atendendo aos protocolos de segurança. Um exemplo de procedimento a ser seguido por profissional autorizado no momento da manutenção de um equipamento elétrico é:

“Somente serão consideradas desenergizadas as instalações elétricas liberadas para trabalho, mediante os procedimentos apropriados, obedecidas a sequência a seguir:

- Seccionamento;
- Impedimento de reenergização (uso de cadeados);
- Constatação da ausência de tensão (uso de medidores);
- Instalação de aterramento temporário com equipotencialização dos condutores dos circuitos;
- Proteção dos elementos energizados existentes na zona controlada (barreiras e lonas isolantes);
- Instalação da sinalização de impedimento de reenergização (faixa com identificação).” (NR-10, 10.5.1).

4. **Registro:** consiste no lançamento, em registros próprios, das informações relevantes obtidas durante a execução das atividades de manutenção. Todos os procedimentos devem ser registrados em documentos específicos a fim de agilizar futuras manutenções e evitar erros na manutenção preventiva.
5. **Controle:** inclui o acompanhamento das atividades, em cada nível de operação do sistema; a análise dos resultados obtidos; e a apresentação das conclusões decorrentes dessa análise.

Figura 07 - Documentação de todo o processo relacionado à manutenção



Fonte: Autoria própria.

6. **Acessórios:** são os arquivos, caixas, etiquetas e demais materiais utilizados na operação do SMP.

O projeto de um SMP

Até o momento, podemos constatar algumas dificuldades inerentes à implementação de um Sistema de Manutenção Planejada. A seguir, temos uma sequência de etapas de um SMP:

1. Definição da lista de equipamentos a serem incluídos no sistema;
2. Estabelecimento do ciclo operativo da organização;
3. Estabelecimento do período básico ou de referência do SMP;
4. Definição da hierarquia do material;

5. Definição dos níveis de operação do SMP;
6. Caracterização da periodicidade das rotinas;
7. Definição da documentação básica (plano mestre, programas, tabelas, quadros etc.);
8. Definição das saídas do sistema;
9. Elaboração das Instruções para funcionamento.

A documentação do SMP

A documentação de um SMP não se constitui em uma etapa, mas sim em uma ferramenta de todas as etapas estudadas. Vejamos a seguir cada um dos documentos básicos:

- **Plano mestre de manutenção:** Contém a distribuição de todas as rotinas de manutenção ao longo do ciclo determinado.
- **Programas de manutenção:** Constan de documentos que permitem a programação, para cada dia do período básico da organização, da manutenção preventiva constante do planejamento estabelecido para o ciclo.
- **Tabelas e cartões de manutenção:** São documentos em formato padronizado, extremamente detalhados, e que consistem os instrumentos para a execução de rotinas de manutenção.
- **Registros diversos:** Permitem registrar o cumprimento ou não das rotinas de manutenção; as informações relevantes para o histórico dos sistemas e equipamentos; e demais dados de interesse para o SMP.

Figura 08 - Formulário para histórico de equipamento médico-hospitalar

FORMULÁRIO PARA HISTÓRICO DE EQUIPAMENTO*	
Hospital: _____	
Equipamento: _____	Modelo: _____
Código do equipamento: <input type="text"/> - <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
OS n° _____	Data: __/__/__
Conserto n° _____	Vencimento da garantia do serviço: __/__/__
Tipo de serviço: <input type="checkbox"/> MP <input type="checkbox"/> MC	Local do serviço: <input type="checkbox"/> Interno <input type="checkbox"/> Externo
Forma do serviço: <input type="checkbox"/> Garantia <input type="checkbox"/> Contrato <input type="checkbox"/> Demanda	
Empresa: _____	
Pessoa de contato: _____	
Falha acusada usuário/grupo: _____	
Falha relatada grupo/empresa: _____	
Serviço executado: _____	
Valor do serviço (R\$): _____	
OS n° _____ Data: __/__/__	
Conserto n° _____	Vencimento da garantia do serviço: __/__/__
Tipo de serviço: <input type="checkbox"/> MP <input type="checkbox"/> MC	Local do serviço: <input type="checkbox"/> Interno <input type="checkbox"/> Externo
Forma do serviço: <input type="checkbox"/> Garantia <input type="checkbox"/> Contrato <input type="checkbox"/> Demanda	
Empresa: _____	
Pessoa de contato: _____	
Falha acusada usuário/grupo: _____	
Falha relatada grupo/empresa: _____	
Serviço executado: _____	
Valor do serviço (R\$): _____	

Fonte: Calil e Teixeira (1998).

- **Quadros diversos:** Têm a finalidade de permitir a programação, divulgação e acompanhamento da manutenção planejada, através da apresentação visual e de fácil acesso aos interessados.
- **Instruções para o funcionamento:** Estas instruções estabelecem o ciclo de operação e o período básico do SMP, os níveis de operação, a composição hierárquica das rotinas de manutenção, descrição do sistema, e finalmente as instruções e fluxograma de funcionamento.

Atividade 02

Considere que sua turma é composta por 30 alunos e que todos trabalham em uma empresa responsável por fazer a distribuição de energia elétrica em sua cidade.

Reflita, discuta e faça um organograma com a hierarquia de responsabilidade e um cronograma de atividades para a meta de se fazer a manutenção preventiva de 300 transformadores de distribuição em um mês. Considere que cada transformador necessita de uma equipe de pelo menos três profissionais com duração média de tarefa de 3 horas.

Noções sobre confiabilidade

Certamente, você já deve ter escutado a palavra confiança. Em um SMP, esse termo possui um significado bastante específico e importante que pode ser inclusive quantificado, ou seja, traduzido em números. Você já imaginou que um certo indivíduo é 86% confiável? É um tanto difícil em se tratando de pessoas, você não acha? Em equipamentos, isso é possível, porque podemos estabelecer através de dados de registro de ocorrências uma expectativa do que poderá ocorrer no futuro.

A operação prolongada e eficaz dos sistemas produtivos de bens e serviços é uma exigência vital em muitos domínios. Nos serviços, como a produção, transporte e distribuição de energia, as falhas súbitas causadas por fatores aleatórios devem ser entendidas e contrabalançadas se se pretende evitar os danos não só econômicos, mas especialmente sociais. Assim, deve-se estabelecer um planejamento de manutenção em equipamentos para que se tenha o menor tempo possível de paralização da produção, como ilustra a **Figura 9**.

Figura 09 - Representação de uma máquina parada aguardando manutenção corretiva, implicando em redução na produção



Fonte: Autoria própria.

Também nas Indústrias, hoje caracterizadas por unidade de grande volume de produção e de alta complexidade, dotadas de sistemas sofisticados de automação, impõe-se, com grande acuidade, a necessidade de conhecer e controlar as possibilidades de falhas, parciais ou globais, que possam comprometer, para lá de certos limites, a missão produtiva. As perdas operativas traduzem-se aqui por elevados prejuízos econômicos para a empresa e para o país.

Essas exigências impulsionaram a criação e desenvolvimento de uma nova ciência: a **teoria da confiabilidade**, tendo, sua evolução, registros desde os tempos da revolução industrial e que continua a receber contribuições na literatura. Esse conceito tem por escopo os métodos, os critérios e as estratégias que devem ser usados nas fases de concepção, projeto, desenvolvimento, operação, manutenção e distribuição de modo a se garantir o máximo de eficiência, segurança, economia e duração. Em especial, visa-se ao prolongamento da atividade do sistema a plena carga e de modo contínuo, sem que o sistema seja afetado por defeitos nas suas partes integrantes.

Assim, um equipamento ou toda uma fábrica, por exemplo, possui boa confiabilidade quando o tempo de parada ocasionada por falha é pequeno em comparação ao tempo de operação normal. Assim, se em sua casa a televisão nunca

quebrou, podemos dizer que a TV possui boa confiabilidade, como ilustra a **Figura 10**.

Figura 10 - Confiabilidade é um conceito que relaciona tempo em operação e em manutenção de sistemas e equipamentos



Fonte: Autoria própria.

Teoria da confiabilidade

Fundamentalmente, a teoria da confiabilidade tem como objetivos principais:

- Estabelecer as leis estatísticas da ocorrência de falhas nos dispositivos e nos sistemas.
- Estabelecer os métodos que permitem melhorar os dispositivos e sistemas mediante a introdução de estratégias capazes da alteração de índices quantitativos e qualitativos relativos às falhas.

A teoria da confiabilidade (ou, apenas, confiabilidade) usa como ferramentas principais:

1. A estatística matemática.
2. A teoria das probabilidades.
3. O conhecimento experimental das causas das falhas e dos parâmetros que as caracterizam nos diversos tipos de componentes e sistemas.
4. As regras e estratégias para melhorar o desempenho dos sistemas de várias naturezas e as técnicas para o desenvolvimento dos sistemas.

Uma das finalidades da confiabilidade é a elaboração de regras que permitam a concepção de sistemas muito complexos capazes de funcionar satisfatoriamente mesmo com a ocorrência de falhas em alguns dos seus componentes mais críticos, como ilustra a **Figura 11**.

Figura 11 - Confiabilidade em sistemas de transporte



Uma indústria deve produzir mesmo que algum setor esteja com problemas, em outras palavras, deve haver o máximo de independência na organização dos setores, assim um porto deve permanecer operando mesmo que o aeroporto pare, estabelecendo maior confiabilidade no sistema de transporte.

Fonte: Autoria própria.

Exemplo de sistemas muito complexos:

1. Sistemas elétricos de potência, de geração, transmissão e distribuição.
2. Concepção de sistemas eletrônicos analógicos e digitais.
3. Redes de transporte, aéreas, marítimas e terrestres.
4. Organização da manutenção corretiva e preventiva dos processos e serviços.
5. Cadeias de produção de peças.
6. Estocagem de peças.
7. Usinas nucleares.
8. Missões Espaciais.
9. Concepção de sistemas de controle e proteção.
10. Planejamento da expansão dos sistemas de produção e transporte de energia elétrica etc.

Conceitos básicos de confiabilidade

Imagine que você é um empresário no ramo têxtil e necessita adquirir uma máquina de tear. O vendedor João diz que seu produto tem muito boa confiabilidade e o vendedor Pedro anuncia que sua máquina é de excelente confiabilidade. Qual dos dois você compraria? Bom, é claro que termos como “muito boa” ou “excelente” são muito vagos. Assim, surgiram os conceitos básicos de confiabilidade que qualificam e, principalmente, quantificam esses adjetivos, ou seja, transformam a definição de confiabilidade em números. Por exemplo, se a confiabilidade de um computador de um Centro de Operações do Sistema (COS) for de 99,95% (para um período de 1 ano), isso significa que a probabilidade de o computador funcionar sem defeito durante um ano é de 99,95%.

Veja, a seguir, alguns conceitos importantes.

- a. **Tempo médio entre falhas (TMF ou MTBF):** tempo médio de trabalho de certo tipo de equipamento (reparável) entre 2 falhas seguidas.
- b. **Duração de vida:** tempo durante o qual um componente ou um sistema mantém a sua capacidade de trabalho, fora do intervalo dos reparos, acima de um limite especificado (de rendimento, de pressão etc.).
- c. **Tempo médio para a falha (MTFF):** valor médio dos tempos de funcionamento, sem contar o tempo de manutenção.

$$\text{MTBF} = \text{MTFF} + \text{Tempo de Reparo}$$

- d. **Confiabilidade medida (ou estimada):** confiabilidade de certo equipamento medida através de ensaios empíricos (normalmente no fabricante).
- e. **Confiabilidade prevista (ou calculada):** confiabilidade observada durante a operação real dos componentes e dos sistemas. É esse valor da confiabilidade média de grande número de casos que permite a aferição das confiabilidades medida e prevista.
- f. **Eficácia de um componente ou sistema:** capacidade de desempenho da função pretendida, incluindo a frequência de falhas, o grau de dificuldades da manutenção e reparação e a adequação ao trabalho projetado.
- g. **Dependabilidade:** medida da condição de funcionamento de um item em um ou mais pontos durante a missão, incluindo os efeitos da confiabilidade, manutenibilidade e capacidade de sobrevivência, dadas as condições da seção no início da missão, podendo ser expressa como probabilidade de um item:
- entrar ou ocupar qualquer um dos seus modos operacionais solicitados durante uma missão especificada, ou
 - desempenhar as funções associadas com aqueles modos operacionais.
- h. **Disponibilidade:** medida do grau em que um item estará em estado operável e confiável no início da missão, quando a missão for exigida aleatoriamente no tempo.

- i. **Envelhecimento acelerado:** tratamento prévio de um conjunto de equipamentos ou componentes com a finalidade de estabilizar suas características e identificar falhas iniciais.
- j. **Mantenabilidade:** facilidade de um item em ser mantido ou recolocado no estado no qual pode executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante os procedimentos e meios prescritos.
- k. **Tipos de falhas:** entende-se por falhas a diminuição parcial ou total da eficácia, ou capacidade de desempenho, de um componente ou sistema. De acordo com o nível de diminuição da capacidade, pode-se classificar as falhas em:
 - Falhas totais.
 - Falhas parciais.

Por exemplo, um rolamento de esferas defeituoso pode ainda operar durante algum tempo, apesar de ruidoso e com sobreaquecimento (falha parcial), ao passo que a capacidade de desempenho de uma lâmpada fundida é nula, sem qualquer meio termo. Conforme o modo como a falha evolui no tempo, desde o seu início, podemos considerar duas possibilidades de falhas:

- Falhas catastróficas.
- Falhas graduais.

Como falha catastrófica, cita-se um curto-circuito numa linha de transporte de energia elétrica ou um bloco motor de explosão quebrado. A alteração gradual da emissão catódica de um monitor de computador ou o desgaste na camisa de um cilindro de um motor diesel constituem casos de falhas graduais (ou paramétricas).

Em alguns domínios da indústria e dos serviços, podem ocorrer, quanto à duração da falha:

- Falhas temporárias (curto-circuito, linha distribuição, devido ao toque de um galho de árvore);
- Falhas intermitentes (mau contato do plugue de um equipamento na tomada);

- Falhas permanentes (lâmpada fundida).

As falhas de vários componentes podem, ou não, estar ligadas causalmente entre si. Se uma falha em um elemento induz falhas em outros, diz-se que a falha é do tipo **dependente**. Por exemplo, um sensor de temperatura do motor de um automóvel danificado pode levar ao mal funcionamento do sistema de refrigeração (sistema de resfriamento do motor) e consequentemente danificar o motor.

Se não houver inter-relação entre falhas, elas são do tipo **independente**.

Figura 12 - Quadro resumo dos conceitos básicos de confiabilidade

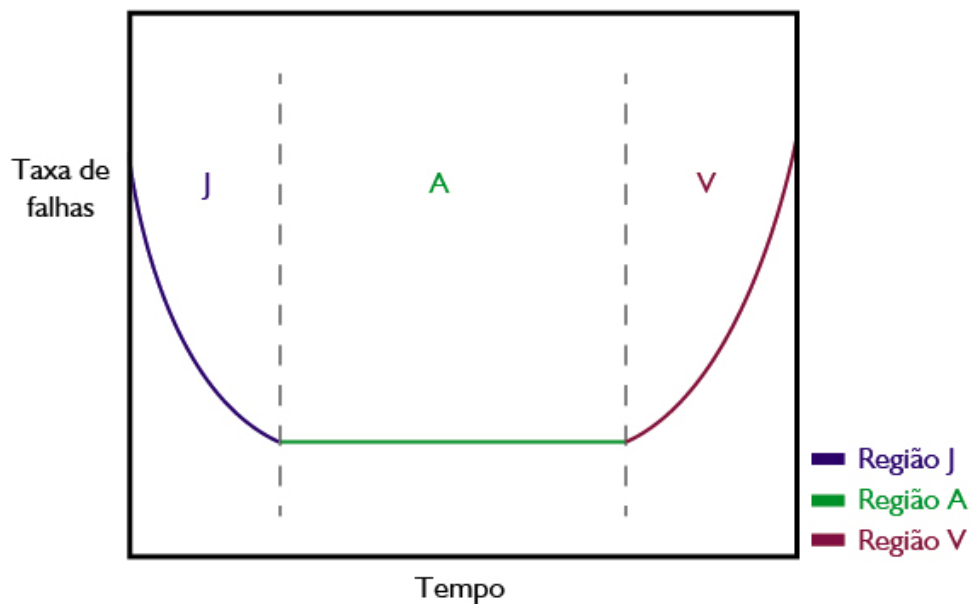


Fonte: autoria própria.

Curva típica de falhas

A curva da taxa de falhas de grande número de componentes e sistemas é caracterizada por uma curva designada por curva em banheira, na qual se distinguem 3 regiões, conforme mostra a **Figura 13** a seguir.

Figura 13 - Curva da taxa de falhas em função do tempo, apresentando três regiões (Juvenil, Adulto e Velho... Experiente)



Fonte: Autoria própria.

A **Região J**, designada como **período de taxa de falhas inicial** (ou período Juvenil), corresponde ao período de partida do componente ou sistema e é caracterizado por uma taxa de falhas relativamente alta, a qual decresce com o tempo, tendendo para um valor mais baixo e constante. Na população humana, verifica-se uma curva desse tipo para a mortalidade dos indivíduos. A taxa de mortalidade é mais alta nos primeiros meses de vida (mortalidade infantil); essa taxa cai rapidamente e, por exemplo, é muito menor para crianças de 2 anos do que para recém-nascidos. O mesmo acontece com circuitos eletrônicos, rolamentos, lâmpadas elétricas etc.

A **Região A** é designada como **período de taxa de falhas constante** (ou período Adulto). Durante esse período, que normalmente abrange a maior parte da vida útil do componente ou sistema, a taxa de falhas é, aproximadamente, constante. Corresponde à idade adulta nas populações humanas. Durante esse período, a mortalidade, devida a causas aleatórias, verifica-se a uma taxa constante. Pretende-se que os equipamentos de responsabilidade funcionem dentro desse período, após ultrapassado o período inicial de taxa alta. Com essa finalidade, exigem-se, em certos casos, tratamentos prévios designados por envelhecimento,

com a finalidade de estabilizar as características de equipamentos ou componentes e identificar falhas iniciais. Essa exigência é corrente em instrumentos, circuitos eletrônicos de comando etc.

A **Região V**, designada como **período de falhas devidas à deterioração** (ou período Senil), é um período que se segue ao de taxa de falhas constante e durante o qual a taxa de falhas sobe rapidamente, devido a processos de deterioração (mecânica, elétrica, química etc.). As avarias, se não forem tomadas precauções prévias (manutenção preventiva), acabam por se suceder catastroficamente em toda os componentes do sistema.

Atividade 03

1. Faça a curva típica de taxa de falhas em função do tempo de cinco equipamentos eletroeletrônicos que você possui em sua residência. Considere um período de 10 anos.

Leitura Complementar

A referência a seguir possui uma descrição mais aprofundada (especializada) daquilo que foi abordado nesta aula. Recomenda-se uma leitura, tendo como norteador essa apostila, ou seja, tenha atenção principalmente naquilo que foi especificamente abordado por esse curso.

- Manutenção: Função Estratégica

Autores: Allan Kardec e Júlio Nascif

- Apostila Virtual: Manutenção Elétrica Industrial no site:
www.dee.ufrn.br/~joao/manut

Resumo

Nesta aula, você estudou o conceito de um Sistema de Manutenção Planejada, suas principais características e sua importância. Estudou também noções básicas da teoria de confiabilidade aplicadas ao contexto da manutenção, além das curvas típicas de falhas.

Autoavaliação

1. Sistema de Manutenção Planejada corresponde a:

- a. () Manutenção preventiva
- b. () Manutenção corretiva
- c. () Manutenção preditiva
- d. () Sistema de gerenciamento e planejamento do setor de manutenção

2. Não é uma etapa do SMP:

- a. () Planejamento
- b. () Execução
- c. () Controle
- d. () Seccionamento

3. Entre os itens a seguir, qual não é uma das etapas de um projeto de SMP?

- a. () Capacitação dos profissionais envolvidos na manutenção.
- b. () Definição dos níveis de operação do SMP.
- c. () Estabelecimento do ciclo operativo da organização.
- d. () Caracterização da periodicidade das rotinas.

4. Não é uma ferramenta da confiabilidade:

- a. () A teoria das probabilidades.
- b. () A estatística matemática.
- c. () Os sistemas de manutenção planejada.
- d. () As regras e estratégias para melhorar o desempenho dos sistemas de várias naturezas e as técnicas para o desenvolvimento dos sistemas.

5. Confiabilidade é:

- a. () A probabilidade de um sistema cumprir sem falhas uma missão com uma duração determinada.
- b. () A missão a ser cumprida pela manutenção.
- c. () Uma tarefa dentro do escopo da manutenção planejada.
- d. () Alta na manutenção corretiva.

6. Confiabilidade medida ou estimada é:

- a. () A confiabilidade observada durante a operação real dos componentes e dos sistemas.
- b. () A confiabilidade dada pelo fabricante do equipamento.

- c. () Não é considerada em um sistema de manutenção planejada.
- d. () Não influencia na vida útil dos equipamentos.

7. Entre os documentos básicos para a operação de um SMP, deve conter nos programas de manutenção:

- a. () A distribuição de todas as rotinas de manutenção ao longo do ciclo determinado.
- b. () Instruções que estabelecem o ciclo de operação e o período básico do SMP, os níveis de operação, a composição hierárquica das rotinas de manutenção, descrição do sistema, e finalmente as instruções e fluxograma de funcionamento.
- c. () O cumprimento ou não das rotinas de manutenção, as informações relevantes para o histórico dos sistemas e equipamentos, e demais dados de interesse par ao SMP.
- d. () Documentos que permitem a programação, para cada dia do período básico da organização, da manutenção preventiva constante do planejamento estabelecido para o ciclo.

8. Na etapa de execução de um SMP, deve-se prever:

- a. () Programação, dentro do período básico estabelecido para a organização, das tarefas de manutenção, a partir do planejamento realizado.
- b. () Distribuição das atividades de manutenção (rotinas de manutenção) ao longo de um período considerado como ciclo para a organização.
- c. () Realização propriamente dita, das tarefas de manutenção programadas atendendo os protocolos de segurança.
- d. () O lançamento, em registros próprios, das informações relevantes obtidas durante a execução das atividades de manutenção. Todos os procedimentos devem ser registrados em documentos específicos a fim de agilizar futuras manutenções e evitar erros na manutenção preventiva.

9. Imagine que você é um técnico ou engenheiro responsável por um setor de manutenção de automóveis de uma locadora de carros. Faça um planejamento semanal de manutenção preventiva, no menor tempo

possível, de 20 automóveis, sabendo que você dispõe de 4 mecânicos. Sabe-se também que até 3 funcionários podem trabalhar simultaneamente por automóvel e que o serviço demora um dia, considerando a relação "um funcionário por carro". Acrescenta-se o fato de que pode-se trabalhar apenas em 4 carros ao mesmo tempo. Dê nome aos funcionários e aos carros se julgar necessário.

Para visualizar uma sugestão de resposta, [clique aqui](#).

Exemplo de Resposta

Pelos dados informados pode-se chegar à seguinte conclusão: Os serviços a serem realizados no carro (não mencionados, mas podem ser os mais comuns como troca de óleo do motor, troca do filtro de combustível, ou alguns mais específicos como troca do fluido de freio, e troca do líquido de arrefecimento) podem ser realizados em paralelo por até 3 mecânicos. Em sendo realizado por apenas um mecânico, todos os serviços, realizados de forma seqüencial, demoram 1 dia inteiro para serem realizados, mas se os 3 mecânicos trabalharem em um mesmo veículo, realizando as tarefas em paralelo, o tempo total da revisão será reduzido para 1/3 do dia. Ou seja, se 3 mecânicos trabalharem num mesmo carro, esse ficará pronto mais rápido, dando lugar a outro veículo. No total, a quantidade de veículos que passarão pela manutenção diariamente continua a mesma (4 veículos por dia, 3 realizados pelos 3 mecânicos ao mesmo tempo e 1 realizado pelo mecânico sozinho).

Dessa forma, o que se deve levar em consideração é a questão de disponibilidade de ferramentas. Imagine que para realizar remoção e reinstalação do bujão do Carter necessite de uma ferramenta em específico. Para a remoção e reinstalação do filtro de óleo, outra ferramenta específica. E para a troca do óleo seja utilizada uma máquina específica para realizar a limpeza interna do sistema por onde o óleo passa. Se forem realizadas tais atividades em paralelo em 4 veículos, seriam necessárias 4 ferramentas ou máquinas. Mas dessa forma, enquanto se está realizando uma das tarefas de manutenção, as outras não estão sendo executadas e assim, suas ferramentas ou máquinas estão ociosas. Assim, o planejamento deve levar em consideração esse fato e minimizar também a necessidade de tal ferramental. Sendo assim, um possível planejamento poderia ser o demonstrado abaixo:

Carros: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20.

Funcionários: A, B, C, D.

O esquema dos dias de trabalho, supondo um expediente de 6 horas de trabalho na mecânica e 2 horas de organização de ferramental (oito horas no total) com 2 horas de almoço e cada tarefa levando 2 horas para ser executada (tarefa de organização do ferramental é sempre necessária para que seja possível um serviço rápido e preciso, por tal, ao final de cada dia, cada mecânico deve organizar as ferramentas e materiais utilizados), seria:

Dia 01 (Segunda)

Mecânico 1	Carro 1 (Tarefa 1)	Carro 1 (Tarefa 3)	Carro 3 (Tarefa 2)
------------	--------------------	--------------------	--------------------

Mecânico 2	Carro 1 (Tarefa 2)	Carro 3 (Tarefa 1)	Carro 3 Tarefa 3)
------------	--------------------	--------------------	-------------------

Mecânico 3	Carro 2 (Tarefa 1)	Carro 2 (Tarefa 3)	Carro 4 (Tarefa 2)
------------	--------------------	--------------------	--------------------

Mecânico 4	Carro 2 (Tarefa 2)	Carro 4 (Tarefa 1)	Carro 4 (Tarefa 3)
------------	--------------------	--------------------	--------------------

Dia 02 (Terça)

Mecânico 1	Carro 5 (Tarefa 1)	Carro 5 (Tarefa 3)	Carro 7 (Tarefa 2)
------------	--------------------	--------------------	--------------------

Mecânico 2	Carro 5 (Tarefa 2)	Carro 7 (Tarefa 1)	Carro 7 (Tarefa 3)
------------	--------------------	--------------------	--------------------

Mecânico 3	Carro 6 (Tarefa 1)	Carro 6 (Tarefa 3)	Carro 8 (Tarefa 2)
------------	--------------------	--------------------	--------------------

Mecânico 4	Carro 6 (Tarefa 2)	Carro 8 (Tarefa 1)	Carro 8 (Tarefa 3)
------------	--------------------	--------------------	--------------------

Dia 03 (Quarta)

Mecânico 1	Carro 9 (Tarefa 1)	Carro 9 (Tarefa 3)	Carro 11 (Tarefa 2)
------------	--------------------	--------------------	---------------------

Mecânico 2	Carro 9 (Tarefa 2)	Carro 11 (Tarefa 1)	Carro 11 (Tarefa 3)
------------	--------------------	---------------------	---------------------

Mecânico 3	Carro 13 (Tarefa 1)	Carro 13 (Tarefa 3)	Carro 15 (Tarefa 2)
------------	---------------------	---------------------	---------------------

Mecânico 4	Carro 13 (Tarefa 2)	Carro 15 (Tarefa 1)	Carro 15 (Tarefa 3)
------------	---------------------	---------------------	---------------------

Dia 04 (Quinta)

Mecânico 1	Carro 13 (Tarefa 1)	Carro 13 (Tarefa 3)	Carro 15 (Tarefa 2)
------------	---------------------	---------------------	---------------------

Mecânico 2	Carro 13 (Tarefa 2)	Carro 15 (Tarefa 1)	Carro 15 (Tarefa 3)
------------	---------------------	---------------------	---------------------

Mecânico 3	Carro 14 (Tarefa 1)	Carro 14 (Tarefa 3)	Carro 16 (Tarefa 2)
------------	---------------------	---------------------	---------------------

Mecânico 4	Carro 14 (Tarefa 2)	Carro 16 (Tarefa 1)	Carro 16 (Tarefa 3)
------------	---------------------	---------------------	---------------------

Dia 05 (Sexta)

Mecânico 1	Carro 17 (Tarefa 1)	Carro 17 (Tarefa 3)	Carro 19 (Tarefa 2)
------------	---------------------	---------------------	---------------------

Mecânico 2	Carro 17 (Tarefa 2)	Carro 19 (Tarefa 1)	Carro 19 (Tarefa 3)
------------	---------------------	---------------------	---------------------

Mecânico 3	Carro 18 (Tarefa 1)	Carro 18 (Tarefa 3)	Carro 20 (Tarefa 2)
------------	---------------------	---------------------	---------------------

Mecânico 4	Carro 18 (Tarefa 2)	Carro 20 (Tarefa 1)	Carro 20 (Tarefa 3)
------------	---------------------	---------------------	---------------------

Veja que com essas suposições (não descritas no enunciado do problema), foi possível realizar toda a manutenção de todos os veículos dentro de 5 dias. Além disso, são necessárias apenas duas ferramentas ou máquinas para esse nível de paralelismo (trabalho em conjunto). Se cada mecânico realizasse as mesmas tarefas, cada um em um veículo diferente, chegariam ao mesmo resultado (4 veículos em um dia de trabalho), mas seriam necessários mais recursos, como mais postos de trabalho, mais ferramentas, mais máquinas.

Referências

CALIL, Saide Jorge; TEIXEIRA, Marilda Solon. **Gerenciamento de Manutenção de Equipamentos Hospitalares**.

Peirópolis, SP: Ed. Fundação, 1998.

KARDEC, Allan; NASCIF, Júlio. **Manutenção**: função estratégica. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark editora, 2012.

UFRN. **Apostila Virtual**: Manutenção Elétrica Industrial. Disponível em: <www.dee.ufrn.br/~joao/manut>.

Acesso em: 25 out. 2012.