



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
GERÊNCIA DE MANUTENÇÃO

Terminologia e Evolução da Manutenção

2023

Organização da Apresentação

- Introdução
- Terminologia
- Evolução da Manutenção
- Referências

Introdução

Introdução

- O que é Manutenção?
 - Viana[1] explica que a palavra manutenção, palavra deriva do latim manus tenere, que significa manter o que se tem.
 - Viana[1] também cita que “manutenção” decorre de um vocábulo militar, que nas unidades de combate significava conservar os homens e seus materiais em um nível constante de operação.

Introdução

- O que é Manutenção?
 - Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (NBR 5462).

Introdução

- Os procedimentos de manutenção envolvem várias operações técnicas, administrativas e de supervisão:
 - monitorar as partes da máquina sujeitas a maiores desgastes;
 - ajustar ou trocar componentes em períodos predeterminados;
 - examinar os componentes antes do término de suas garantias;
 - replanejar, se necessário, o programa de prevenção.

Introdução

“MANUTENÇÃO É ISTO:

Quando tudo vai bem, ninguém lembra que existe.

Quando algo vai mal, dizem que não existe.

Quando é para gastar, acha-se que não é preciso que exista.

Porém, quando realmente não existe, todos concordam que deveria existir.”

Arnold Sutter

Introdução

- Por que a manutenção é importante?
- Exemplo:
 - Imagine um fabricante de rolamentos que apresente concorrentes no mercado.
 - Para manter seus clientes e conquistar outros, ele precisará tirar o máximo rendimento das máquinas para oferecer rolamentos com defeito zero e preço competitivo.
 - Deverá também estabelecer um rigoroso cronograma de fabricação e de entrega de seus rolamentos.
 - Mas e se não houver um programa de manutenção das máquinas?

Introdução

- Consequências:
 - Perdas financeiras;
 - Aumento dos custos;
 - Diminuição ou interrupção da produção;
 - Atrasos nas entregas;
 - Rolamentos com possibilidades de apresentar defeitos de fabricação;
 - Insatisfação dos clientes;
 - Perda de mercado.

Introdução

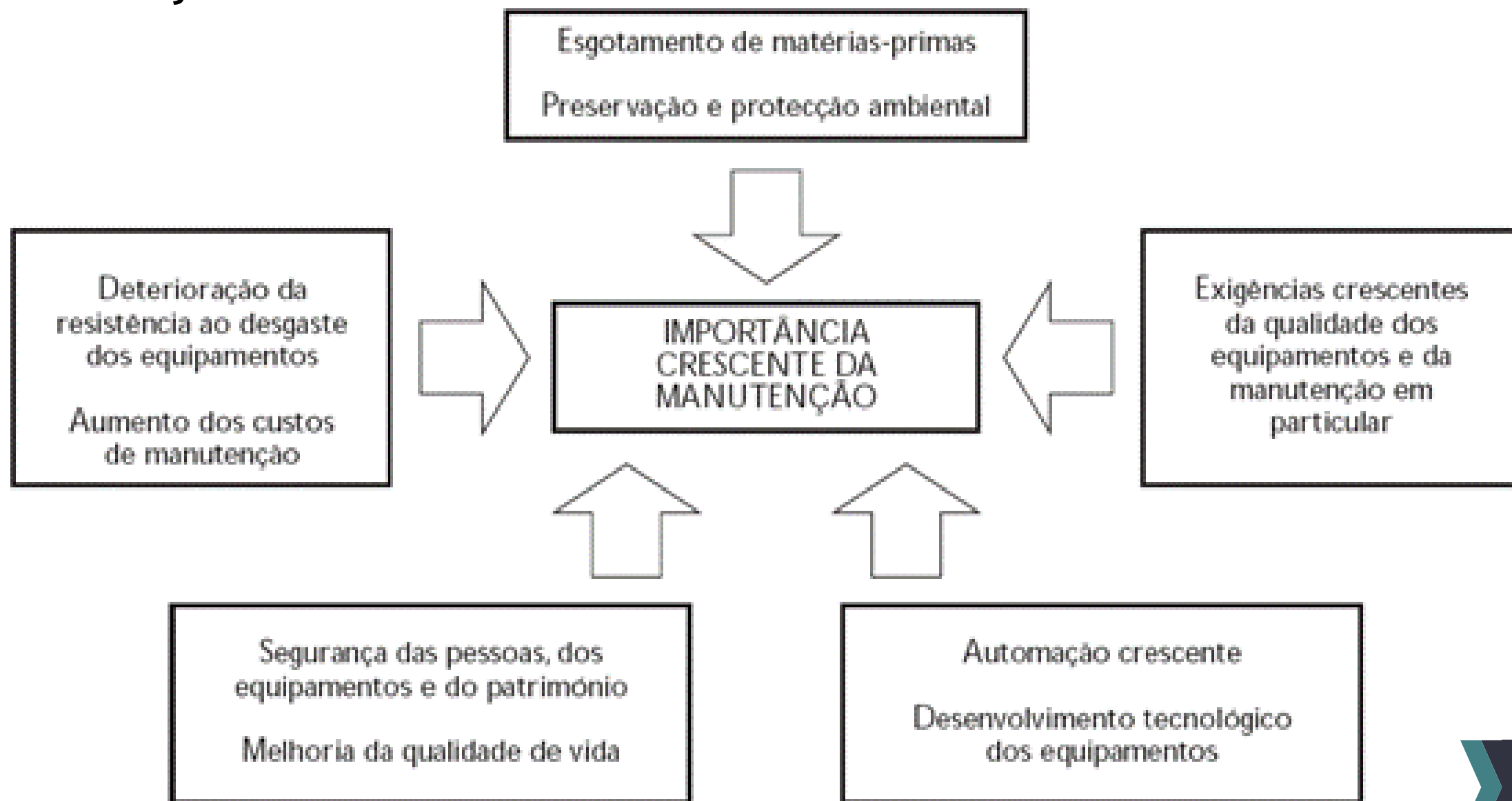
- O impacto do Planejamento e Controle da Manutenção para a saúde de uma empresa é primordial, pois seria impossível um atleta competir com chances de vitória, se o seu organismo estivesse debilitado.



https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fexame.com%2Fcasual%2Fidentifique-e-combata-o-excesso-de-treino%2F&psig=AOvVaw1nnyOX9omgc7SkF2ItndCH&ust=1710959462510000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBQQjhxqFwoTCJ9n_H6gIUDFQAAAAdAAAAABAE

- Se este Setor for eficiente, a companhia terá saúde financeira para existir e colocar seus produtos no mercado, com qualidade superior e preço competitivo.

Introdução



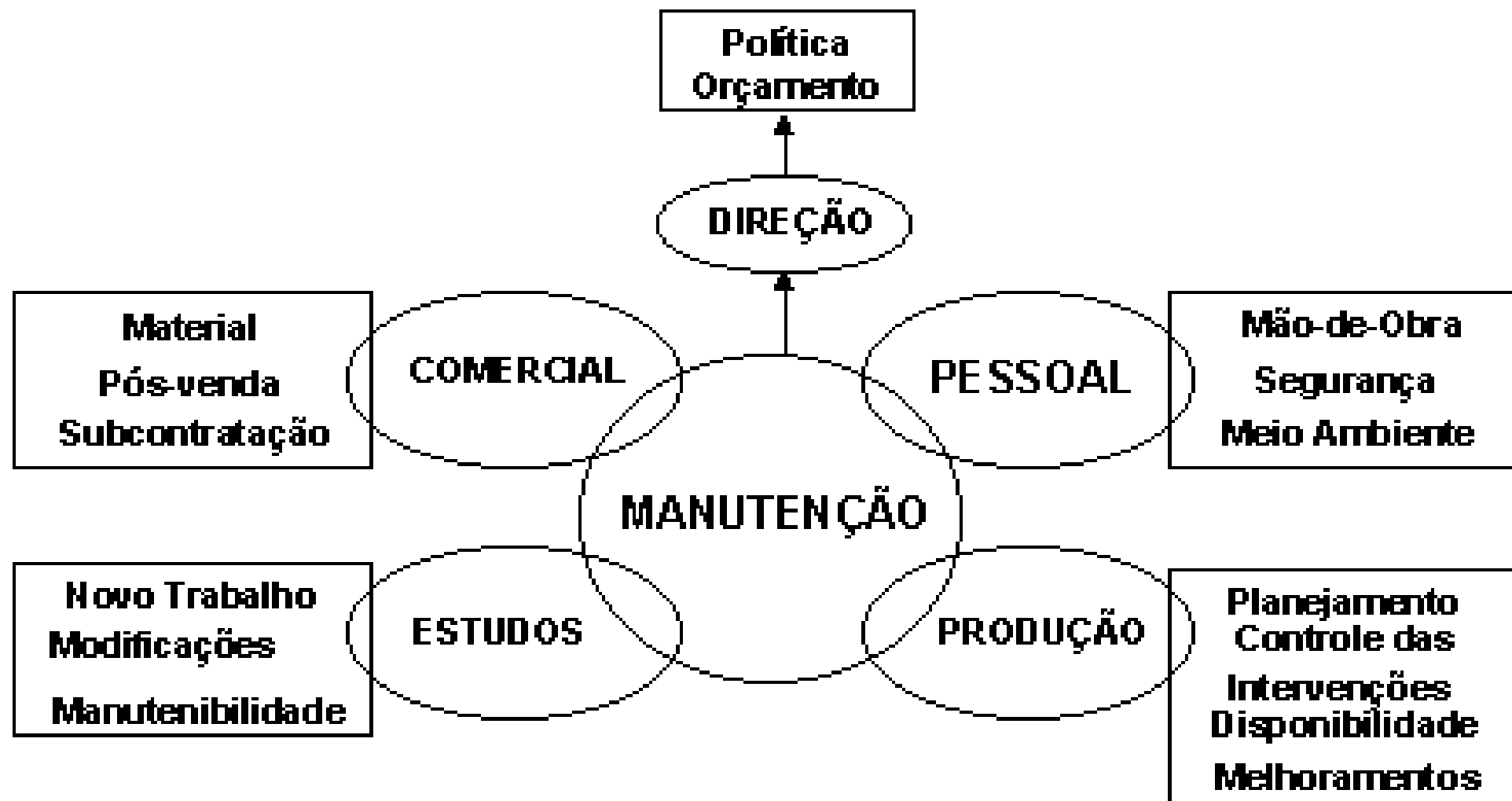
Introdução

- Objetivos da manutenção:

Produtividade	<ul style="list-style-type: none">Reduzir as paralisações dos equipamentos que afetam a Operação – busca do “zero defeito”
Confiabilidade	<ul style="list-style-type: none">Assegurar a continuidade da produçãoFavorecer o cumprimento de prazos
Qualidade	<ul style="list-style-type: none">Garantir que os produtos ou serviços atendam a critérios de qualidade e padrões pré-estabelecidos, buscando o “zero defeito”
Diminuir os custos	<ul style="list-style-type: none">Por meio da manutenção em tempo hábil
Vida útil	<ul style="list-style-type: none">Evitar o desgaste desnecessárioPrevenir prováveis falhas ou quebras da máquinas
Segurança	<ul style="list-style-type: none">Operação dentro dos padrõesRedução dos riscos para o ambiente, os operadores e para a máquina

Introdução

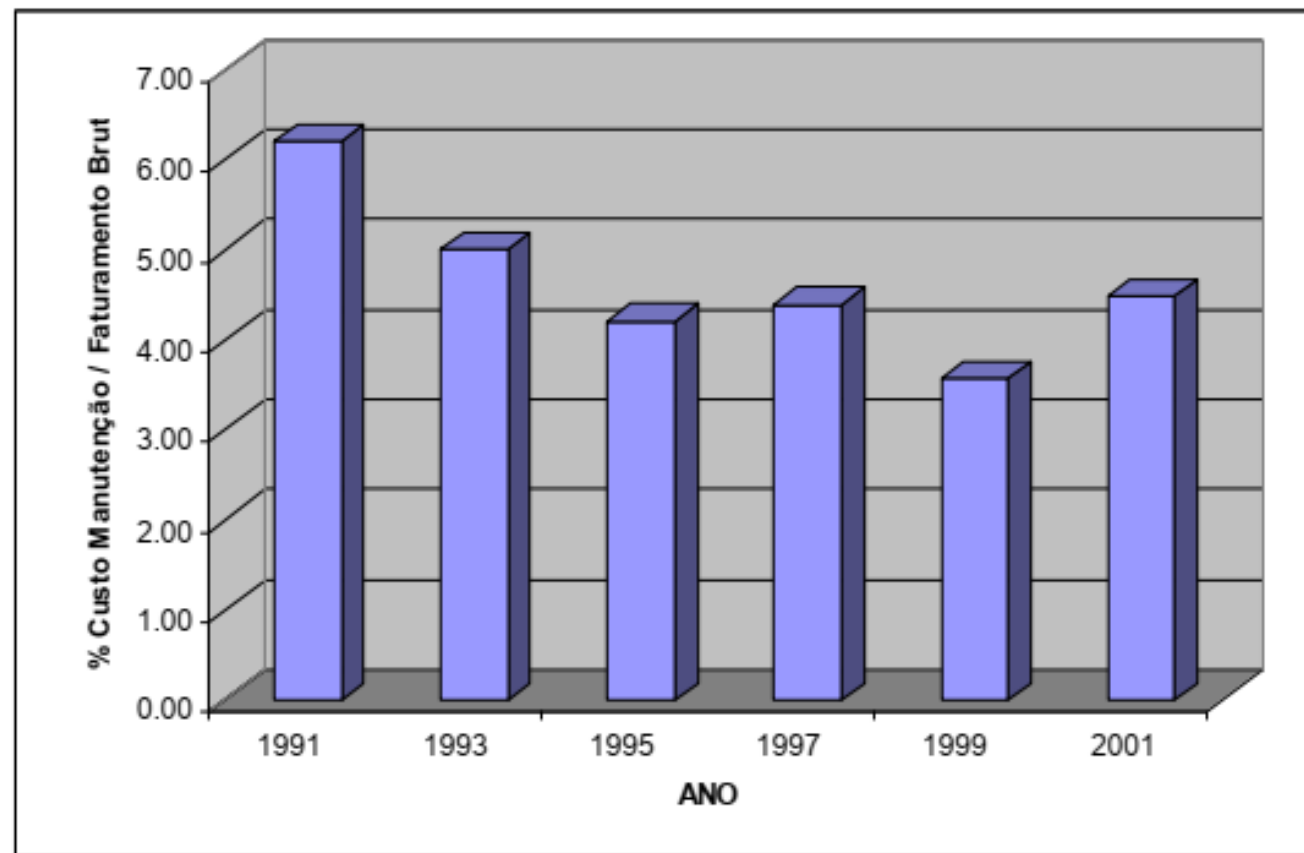
- Para atender tais objetivos, diferentes interfaces precisam estar em conformidade.



Introdução

- Dada a importância da manutenção, com o passar dos anos e o desenvolvimento de novas técnicas, a relação custo de manutenção/faturamento bruto tem reduzido.

Dados da ABRAMAN:



Porcentagem de Custo com Manutenção em Relação ao Faturamento Bruto no Brasil

Terminologia

Terminologia

- NBR 5462. Confiabilidade e manutenibilidade.
- **Manutenção:** Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.
 - Nota: A manutenção pode incluir uma modificação do item.

Terminologia

- **Manutenção corretiva:** Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.
- **Manutenção preventiva:** Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.
- **Manutenção controlada/preditiva:** Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

Terminologia

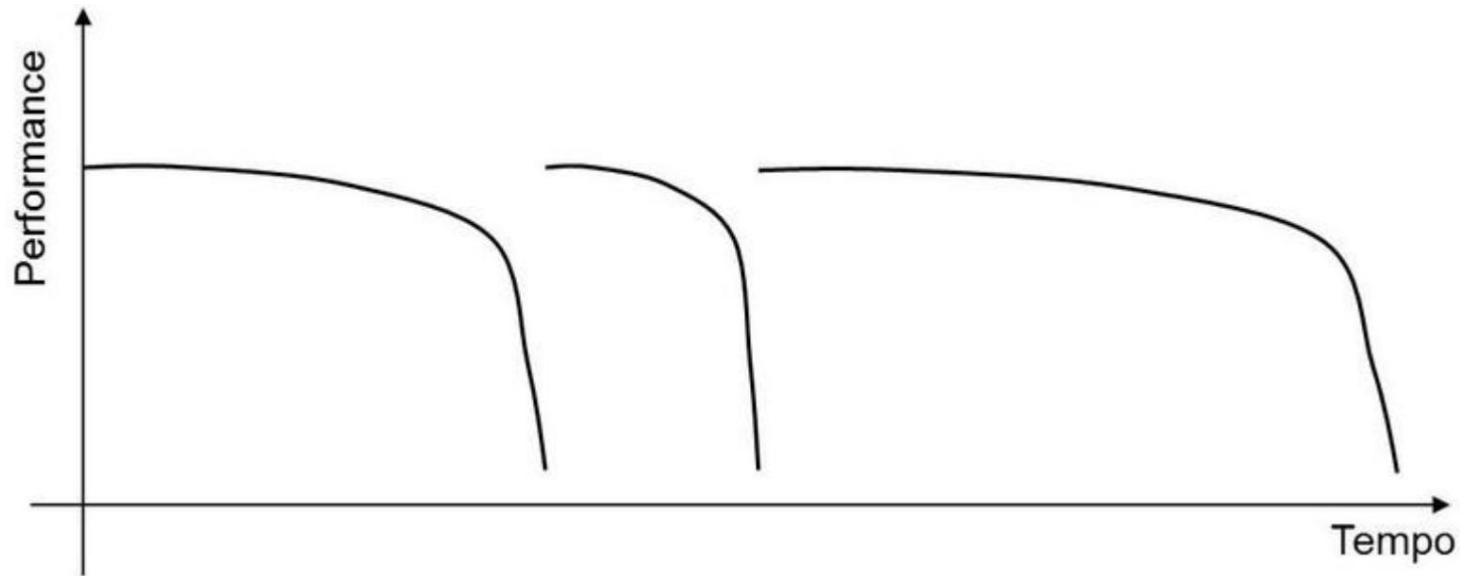
- **Manutenção Programada:** Manutenção preventiva efetuada de acordo com um programa preestabelecido.
- **Manutenção não-programada:** Manutenção que não é feita de acordo com um programa preestabelecido, mas depois da recepção de uma informação relacionada ao estado de um item.

Terminologia

- **Disponibilidade:** Capacidade de um item estar em condições de **executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado**, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados.

Terminologia

- **Confiabilidade:** Capacidade de um item **desempenhar uma função** requerida sob condições especificadas, **durante um dado intervalo de tempo**.



Terminologia

- Confiabilidade

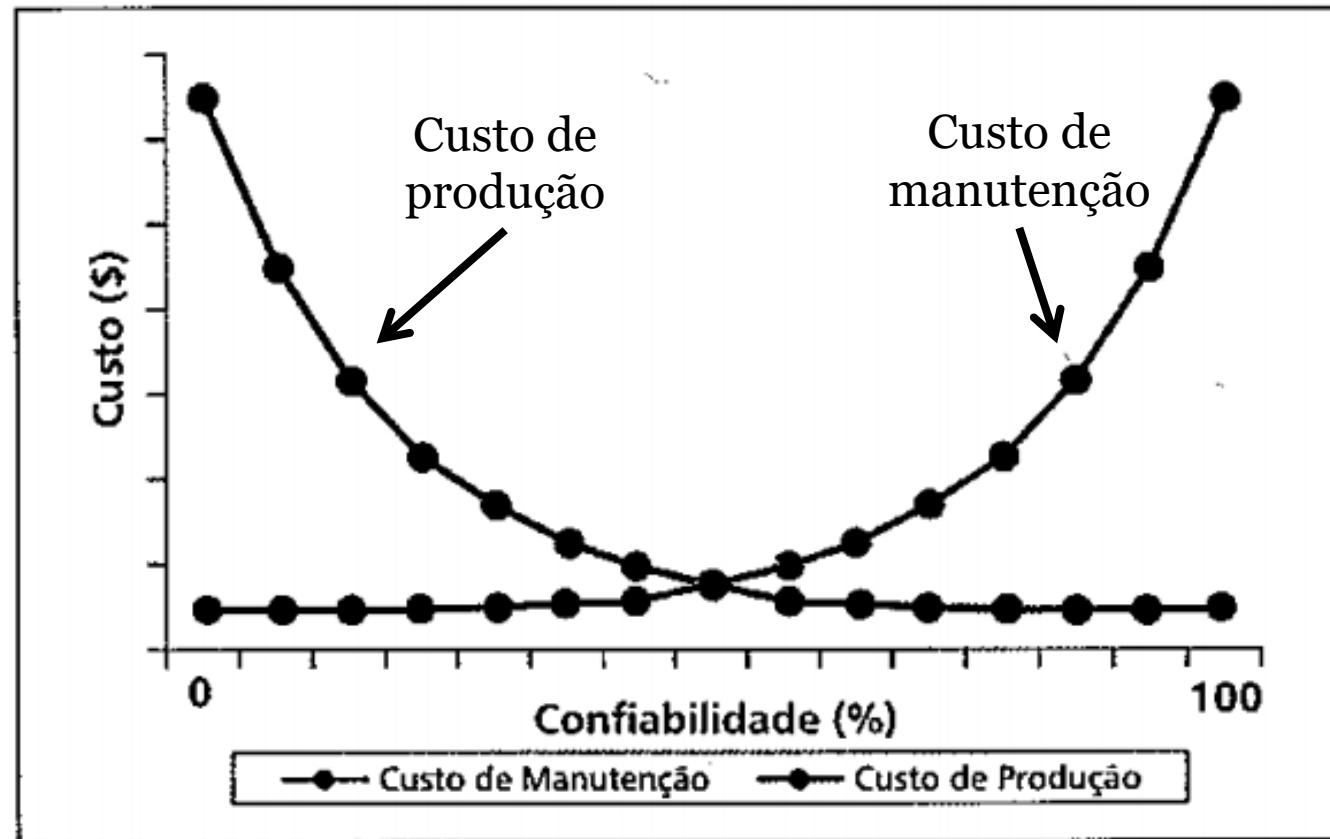
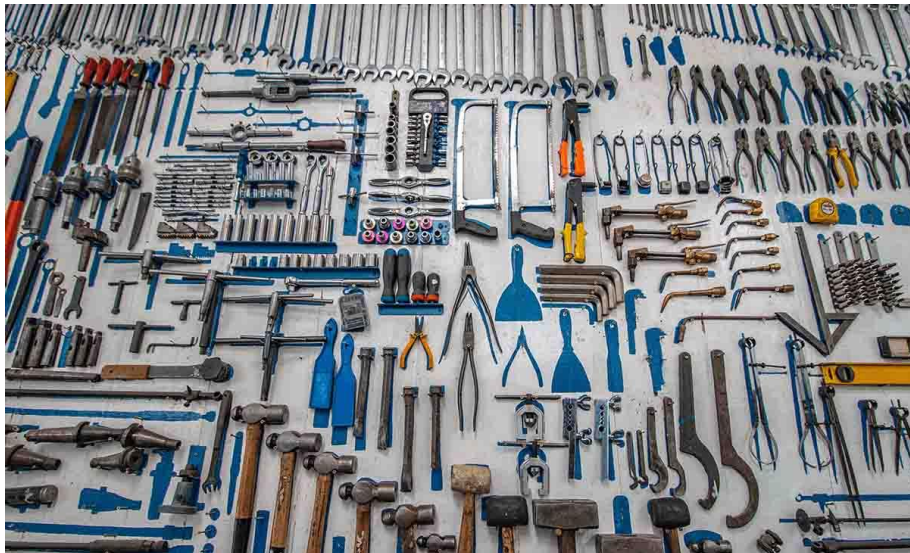


Figura 5.2 – Confiabilidade × Custos.

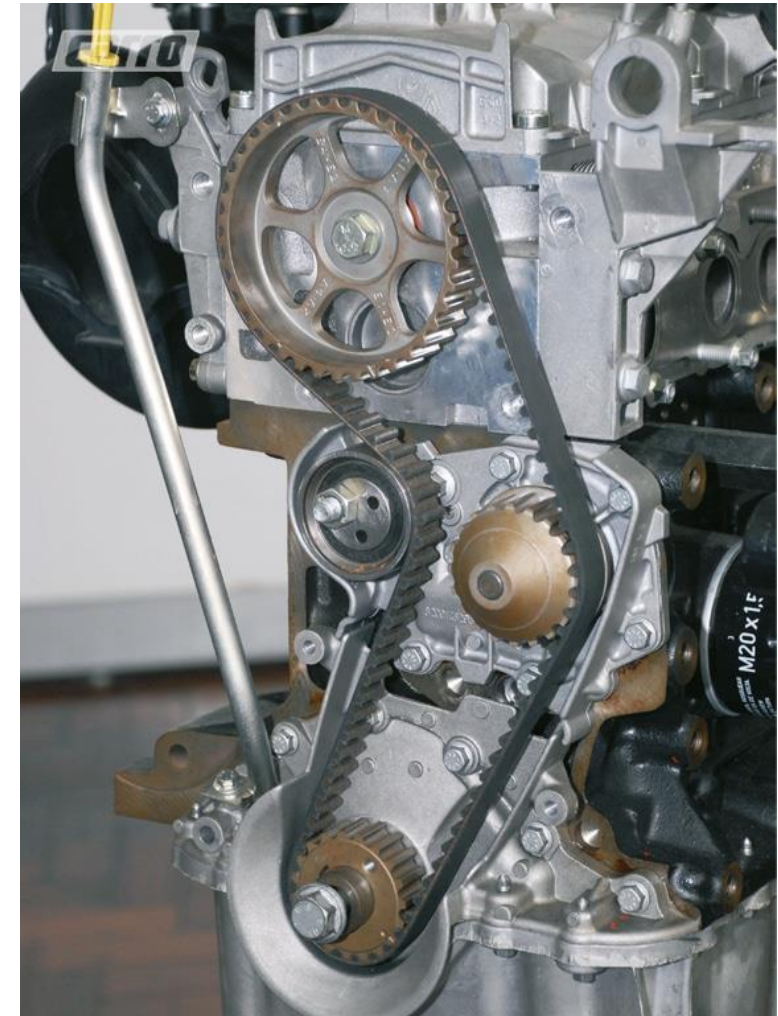
Terminologia

- **Mantenabilidade:** Capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos.



Terminologia

- **Desempenho do suporte de manutenção:**
Capacidade de uma organização de manutenção prover, sob demanda, os recursos necessários para manter um item sob condições especificadas e de acordo com uma dada política de manutenção.
- Nota: As condições especificadas estão relacionadas com o próprio item e com as condições sob as quais é usado e mantido.



Disponibilidade e Confiabilidade

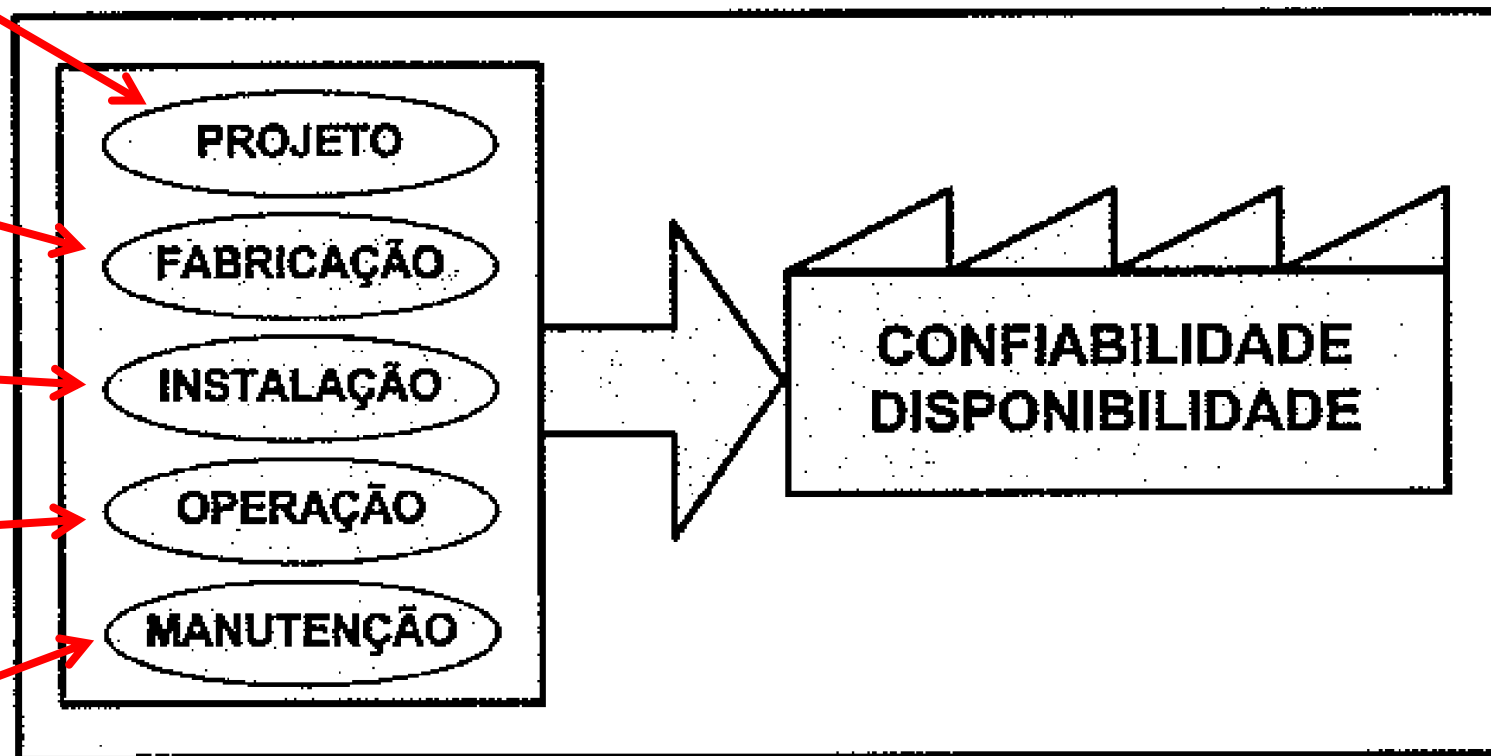
- Seleção de materiais
- Dimensionamento

- Defeitos de fabricação
- Dimensões fora das tolerâncias

- Níveis de temperatura, vibração, ruídos
- Lugar de instalação

- Faixas operacionais
- Pessoal treinado

- Dentro dos padrões e prazos definidos nos programas
- Pessoal treinado



Fonte: Kardec e Nascif [2]

- **Kardec e Nascif [1] apresentam diferentes possibilidades de quantificar a Disponibilidade e a Confiabilidade:**

Disponibilidade

$$\uparrow \text{Disponibilidade Inerente (\%)} = \frac{\uparrow \text{TMEF}}{\text{TMEF} + \text{TMPR}} \downarrow \times 100$$

TMEF (em Inglês, MTBF) – Tempo Médio Entre Falhas, ou em Inglês, Mean Time Between Failures

TMPR (em Inglês, MTTR) – Tempo Médio Para Reparos, ou em Inglês, Mean Time To Repair



$$\text{TMEF} = (250 + 360 + 200 + 120) / 4 = 232.5 \text{ dias}$$

$$\text{TMPR} = (9 + 6 + 2) / 3 = 5.67 \text{ dias}$$

$$\text{Disponibilidade} = 232.5 / (232.5 + 5.67) = 97.62 \%$$

Rodolfo Stonner
Blogtek

Disponibilidade

- O termo inerente é usado porque são excluídos do TMPR todos os demais tempos (espera de sobressalentes, deslocamentos), ou seja, o TMPR considera apenas as manutenções corretivas.

Disponibilidade

$$\uparrow \text{Disponibilidade Operacional (\%)} = \frac{\uparrow \text{TMEM}}{\text{TMEM} + \text{TMP} \downarrow} \times 100$$

- TMEM (em inglês, MTBM) - Tempo médio entre ações de manutenção (Mean time between maintenance actions);
- TMP (MDT) - tempo médio de paralisações (Mean downtime)
- Nesse caso, o TMP inclui o TMPR e os demais tempos (de espera, atrasos, manutenções preventivas ou inspeções).

Disponibilidade

- Para aumentar o TMEM:
 - Atuar para reduzir os tempos de Manutenção (treinamento, planejamento);
 - Usar ao máximo as técnicas preditivas, já que contribuem para execução de uma manutenção planejada;
 - Implementar a Engenharia de Manutenção.
 - Mudança cultural na empresa dedicada:
 - Consolidar a rotina;
 - Implantar a melhoria contínua;
 - Perseguir o benchmarking.

Disponibilidade

- Para reduzir o TMP (MDT):
 - Implementar a Engenharia de Manutenção:
 - a melhoria contínua pode aperfeiçoar o planejamento, logística, suprimentos;
 - Levaria a sinergia entre manutenção, operação, inspeção.
 - Melhorar a capacitação técnica (treinamento).

Confiabilidade

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

- t = intervalo de tempo considerado
- Taxa de falha (λ): o inverso do tempo médio entre falhas

$$\lambda = \frac{1}{TMEF}$$

- A Confiabilidade é função do tempo e não um número definido.
- Incorreto:
 - “Este equipamento tem confiabilidade de 0,97 (97%).”
- Correto:
 - “Este equipamento tem uma confiabilidade de 97% ao longo de um ano.”
 - Ou seja, ao longo de um ano, a probabilidade do equipamento não falhar é de 97%. Não significa que vai operar 97% do tempo.

Confiabilidade

- Considerando o exercício do slide 25, qual é a Confiabilidade do equipamento para uma campanha de 100 dias?
- Supondo que algumas melhorias foram feitas e que o TMEF dobrou, qual a confiabilidade para uma campanha de 100 dias?

Terminologia

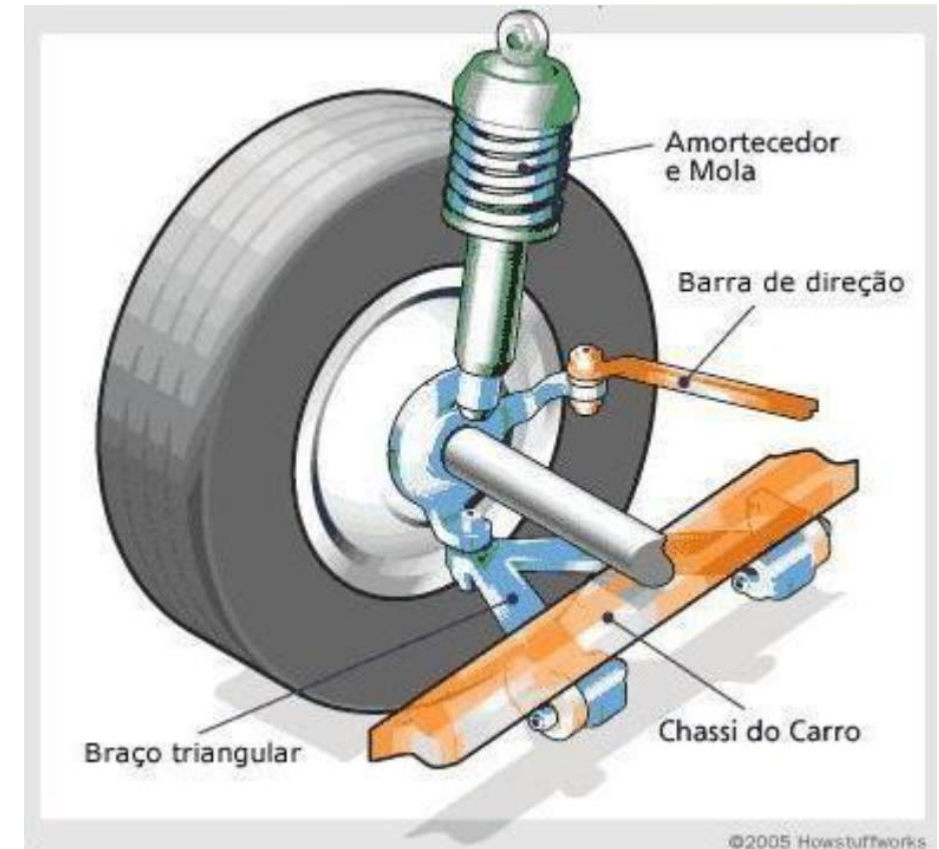
- Qual a diferença entre falha, pane e defeito?
- **Função Requerida:** Função ou combinação de funções de um item que são consideradas necessárias para prover um dado serviço.
- Exemplo para um automóvel:
 - Transportar os usuários entre diferentes localidades com segurança.

Terminologia

- **Falha:** Término da capacidade de um item desempenhar a função requerida.
 - Nota:
 - a) Depois da falha, o item tem uma pane.
 - b)A “falha” é um evento; diferente de “pane” que é um estado.

Terminologia

- **Falha:** Depois da falha o item tem uma pane.
- Exemplos:
 - Pneu furado
 - Quebra da barra de direção
 - Quebra do pino do amortecedor



Terminologia

- **Pane:** Estado de um item caracterizado pela incapacidade de desempenhar uma função requerida, excluindo a incapacidade durante a manutenção preventiva ou outras ações planejadas, ou pela falta de recursos externos.
- Nota: Uma pane é geralmente o resultado de uma falha de um item, mas pode existir sem uma falha anterior.

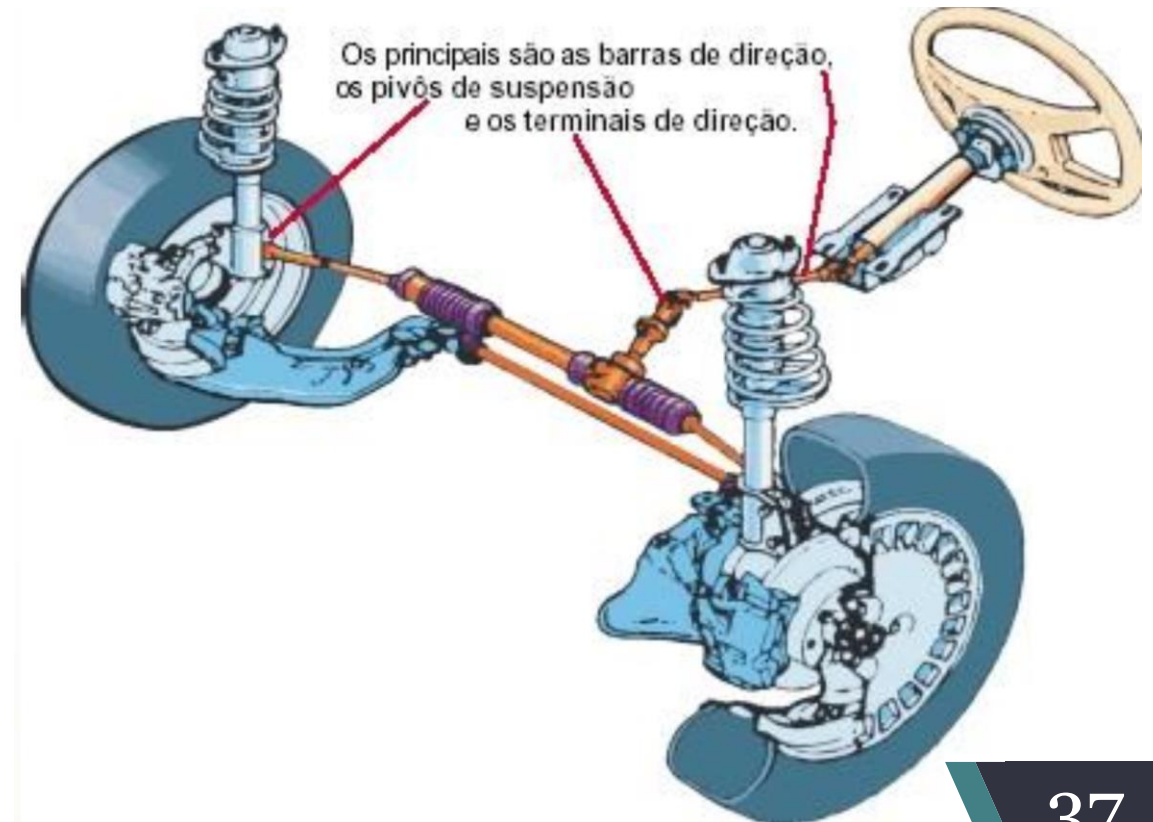


Terminologia

- **Defeito:** Qualquer desvio de uma característica de um item em relação aos seus requisitos.
 - Nota:
 - a)Os requisitos podem, ou não, ser expressos na forma de uma especificação.
 - b)Um defeito pode, ou não, afetar a capacidade de um item em desempenhar uma função requerida.

Terminologia

- **Defeito:** ocorrência nos equipamentos não impede seu funcionamento, mas pode a curto ou longo prazo acarretar na sua indisponibilidade.
- Exemplos:
 - Amortecedor com baixo rendimento
 - Pivô com folga
 - Mola com baixa tensão mecânica



Terminologia

- **Retrofitting:** Consiste na modernização de um equipamento.
 - Aumenta a vida útil dos seus equipamentos;
 - Reduz riscos de acidente trabalhistas;
 - Simplifica os recursos de programação.



Terminologia

- **Ordem de Serviço:** É o procedimento usado para solicitar qualquer tipo de manutenção;
- Nela consta todos os dados necessários para que sejam realizados os serviços de manutenção.
- Serve para controlar o serviço realizado.

ORDEM DE SERVIÇO						Nº: _____		/ _____																
Empresa: _____																								
Data Registro: _____					Tipo Equipamento: _____																			
Nº Série: _____					Modelo: _____																			
Localização: _____					Equipamento Parado: SIM () NÃO ()																			
Data da Parada: _____					Hora da Parada: _____																			
<p align="center">TEXTO DA ANOMALIA</p> 																								
<p align="center">TIPO DE MANUTENÇÃO</p> <table border="1"> <tr> <td>MPREV ()</td> <td>MCORR ()</td> <td>MPROG ()</td> <td>URGEN ()</td> <td>EMERG ()</td> </tr> <tr> <td>Setor solicitante</td> <td colspan="2">Emitente</td> <td colspan="2">Data</td> </tr> <tr> <td> </td> <td colspan="2"> </td> <td colspan="2"> </td> </tr> </table>										MPREV ()	MCORR ()	MPROG ()	URGEN ()	EMERG ()	Setor solicitante	Emitente		Data						
MPREV ()	MCORR ()	MPROG ()	URGEN ()	EMERG ()																				
Setor solicitante	Emitente		Data																					
<p align="center">SERVIÇOS EXECUTADOS</p> 																								
<table border="1"> <tr> <td>Início:</td> <td>As:</td> <td>Horas</td> <td>Término:</td> <td>As:</td> <td>Horas</td> </tr> </table> <p align="center">MATERIAL UTILIZADO</p> 										Início:	As:	Horas	Término:	As:	Horas									
Início:	As:	Horas	Término:	As:	Horas																			
Executor: _____					Matrícula: _____																			
Setor: _____					Data: _____																			
Assinatura: _____																								
<p align="center">OBSERVAÇÕES NECESSÁRIAS</p> 																								

Terminologia

- **Tempo de manutenção em homens-hora:** Soma das durações dos tempos de manutenção que cada indivíduo da equipe utilizou, expressa em homens-hora, para um certo tipo de ação de manutenção ou durante um dado intervalo de tempo.



Diagrama dos Tempos

Usuário exige que o item esteja em condição de desempenhar uma função requerida.

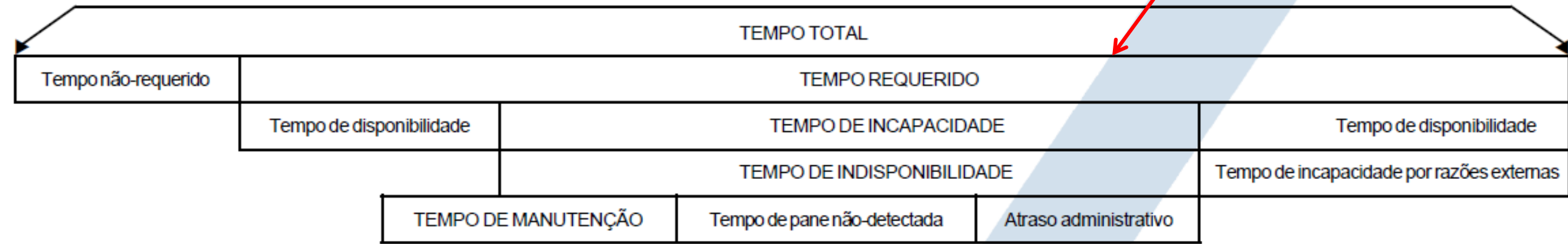
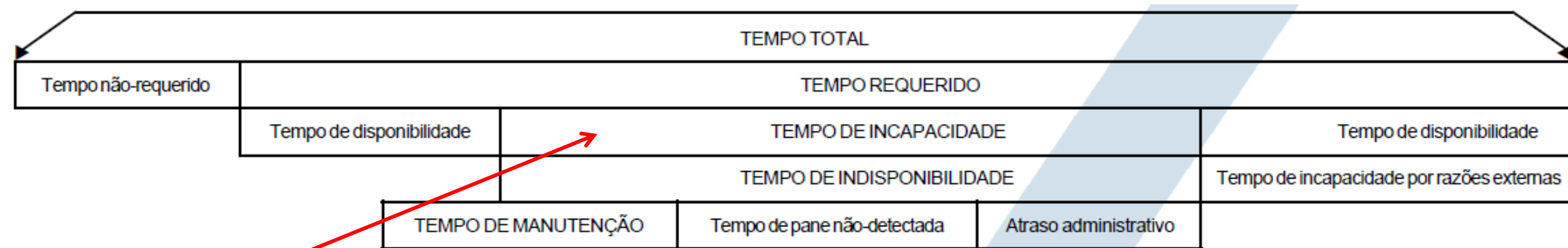
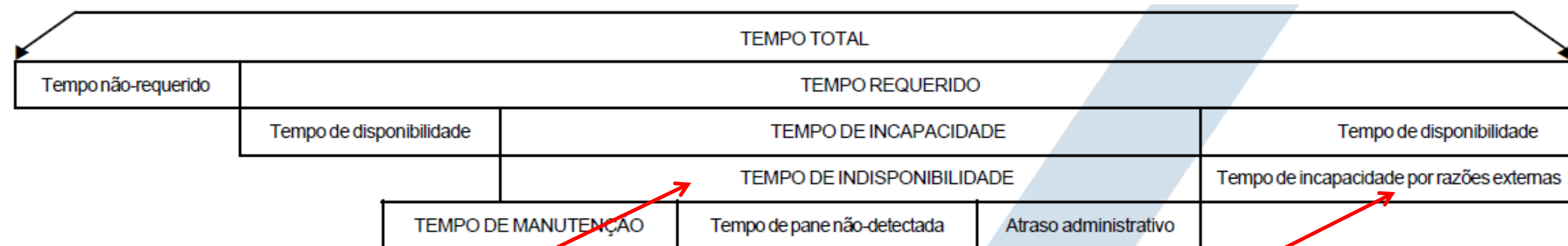


Diagrama dos Tempos



Tempo que um item é incapaz de desempenhar a função requerida, por qualquer razão.

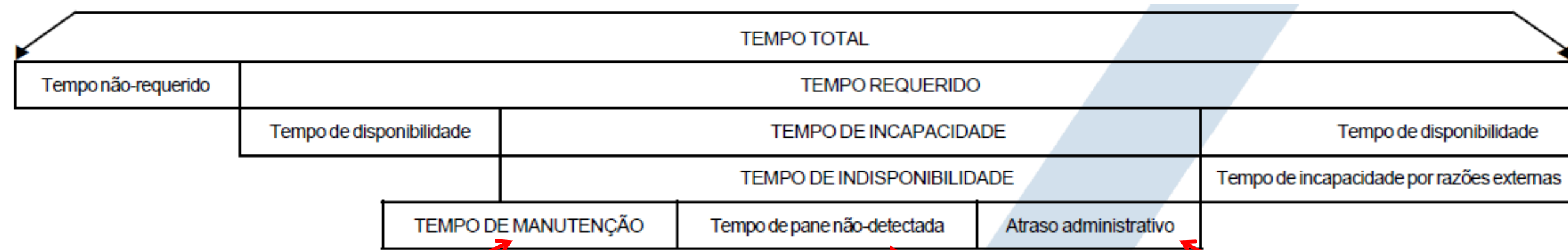
Diagrama dos Tempos



Tempo que um item está **em pane** ou em uma eventual incapacidade de desempenhar uma função requerida **durante a manutenção preventiva**.

Tempo que um item está em estado de incapacidade por falta de recursos externos ou por estarem sendo executadas ações planejadas que não as de manutenção.

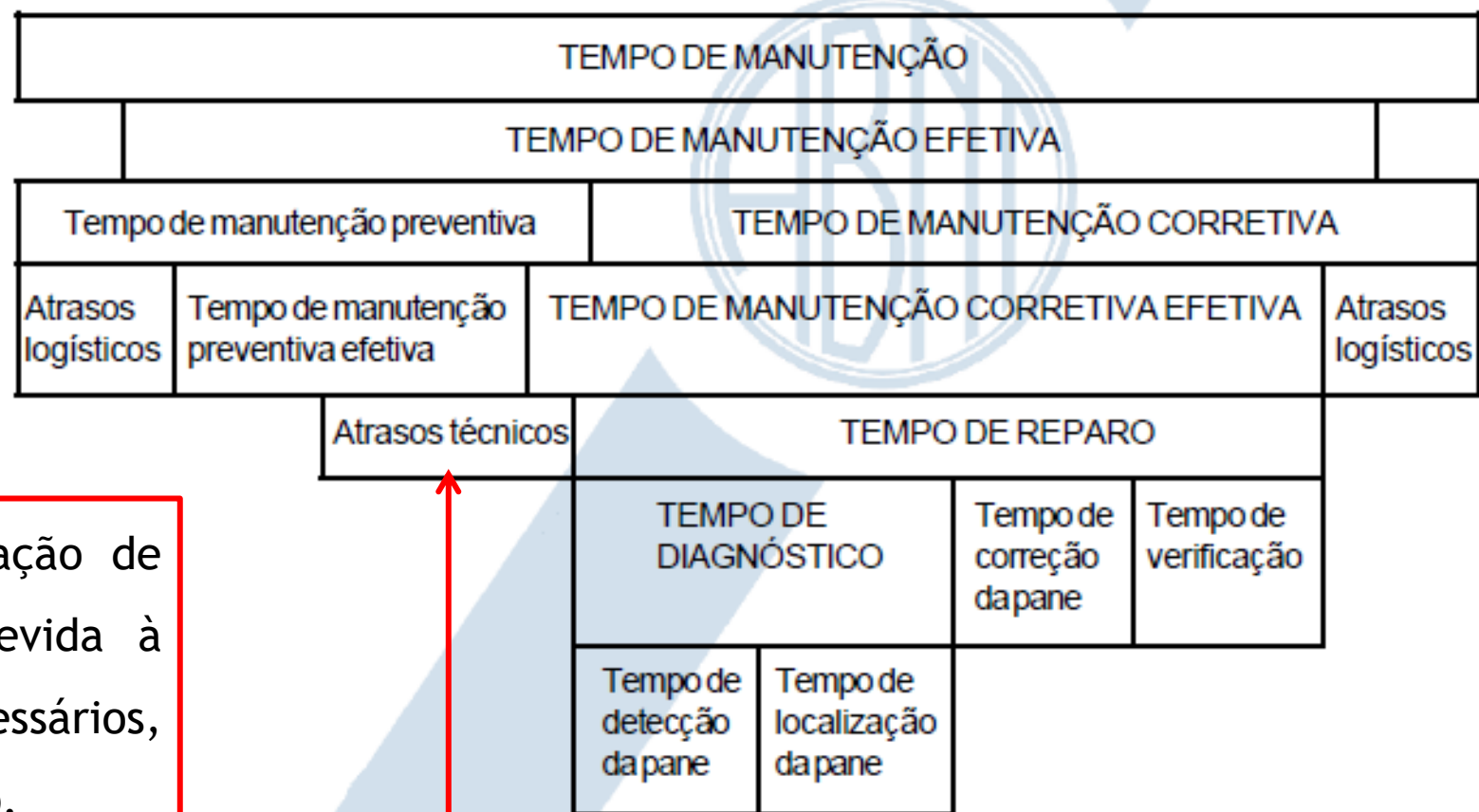
Diagrama dos Tempos



Intervalo de tempo durante o qual é executada uma ação de manutenção em um item, manual ou automaticamente, incluindo os atrasos técnicos e logísticos.

Intervalo de tempo entre a falha e a detecção da pane.

Motivado por razões administrativas.



Tempo acumulado durante o qual uma ação de manutenção não pode ser executada devida à necessidade de se obterem os recursos necessários, excluindo-se qualquer atraso administrativo.

Ex:

viagem até instalação não-atendida, espera por peças de reposição, de especialistas, de equipamentos de ensaio, de informações e de condições ambientais apropriadas.

Tempo acumulado necessário para executar ações técnicas auxiliares associadas às ações de manutenção propriamente ditas.

Estados de um Item

Estado de um Item – ABNT 5462					
Disponibilidade			Indisponibilidade		
			Estado de incapacidade		
Estado de Prontidão	Estado Livre	Estado de Ocupação /Operação	Estado de Incapacidade por razões externas	Estado de Indisponibilidade	
				Sujeito a Manutenção Preventiva	Em pane

Função requerida (FR) é
satisfeita

Pane ou é incapaz de atender
a FR durante manutenção
preventiva.

Estados de um Item

Estado de um Item – ABNT 5462					
Disponibilidade			Indisponibilidade		
			Estado de incapacidade		
Estado de Prontidão	Estado Livre	Estado de Ocupação /Operação	Estado de Incapacidade por razões externas	Estado de Indisponibilidade	
				Sujeito a Manutenção Preventiva	Em pane

Não atende a função requerida por qualquer motivo.

Estados de um Item

Estado de um Item – ABNT 5462					
Disponibilidade			Indisponibilidade		
			Estado de incapacidade		
Estado de Prontidão	Estado Livre	Estado de Ocupação /Operação	Estado de Incapacidade por razões externas	Estado de Indisponibilidade	
				Sujeito a Manutenção Preventiva	Em pane

disponível, mas não em operação, durante o tempo requerido.

disponível, mas não em operação, durante o tempo não-requerido.

Evolução da Manutenção

Evolução da Manutenção

- Segundo Viana [1], a manutenção industrial surge efetivamente como função do organismo produtivo no século XVI com o surgimento dos primeiros teares mecânicos. Neste período, os operários ocupavam o papel de operadores e mantenedores, já que não havia uma equipe específica de manutenção.
- Com a Revolução Industrial no século XVIII, a sociedade aumentou consideravelmente a sua capacidade de produzir bens de consumo.

Evolução da Manutenção

- Novas tecnologias foram desenvolvidas, sendo cada vez mais rápidas e impactantes no modo de viver do homem.
- Viana[1] cita os tempos entre a invenção e a aplicação industrial e comercial de várias tecnologias:

~50 anos



~12 anos



~6 anos




Evolução da Manutenção

- A presença de equipamentos mais sofisticados e de alta produtividade fez com que a exigência de disponibilidade e os custos de inatividade fossem maiores.
- Desta forma, não basta ter os instrumentos de produção, torna-se necessário saber usá-los de forma racional e produtiva.
- Com base nesse raciocínio, técnicas de organização, planejamento e controle da manutenção sofreram uma evolução ao longo do tempo.

Evolução da Manutenção

- Kardec e Nascif [2] afirmam que a evolução da manutenção pode ser dividida em quatro gerações a partir de 1930:

EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO								
	Primeira Geração	Segunda Geração	Terceira Geração	Quarta Geração				
Ano								
	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
Mudança nas técnicas de Manutenção	<ul style="list-style-type: none">Habilidades voltadas para o reparo, limpeza e lubrificação.	<ul style="list-style-type: none">Planejamento manual da manutençãoComputadores grandes e lentosManutenção Preventiva (por tempo)	<ul style="list-style-type: none">Monitoramento da condiçãoManutenção PreditivaAnálise de riscoComputadores pequenos e rápidosSoftwares potentesGrupos de trabalho multidisciplinaresProjetos voltados para a confiabilidadeContratação por mão de obra e serviços	<ul style="list-style-type: none">Aumento da Manutenção Preditiva e Monitoramento da CondiçãoMinimização nas Manutenções Preventiva e Corretiva não PlanejadaAnálise de FalhasTécnicas de confiabilidadeManutenibilidadeEngenharia de ManutençãoProjetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e Custo do Ciclo de Vida.Contratação por resultados				

Fonte:
Kardec e Nascif [2]

Evolução da Manutenção

EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO								
	Primeira Geração	Segunda Geração	Terceira Geração	Quarta Geração				
Ano								
	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
Aumento das expectativas em relação à Manutenção	• Conserto após a falha		• Disponibilidade crescente • Maior vida útil do equipamento		• Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Melhor relação custo-benefício • Preservação do meio ambiente		• Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Preservação do meio ambiente • Segurança • Influir nos resultados do negócio • Gerenciar os ativos	
Visão quanto à falha do equipamento	• Todos os equipamentos se desgastam com a idade e, por isso, falham		• Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira Slides 56 e 57		• Existência de 6 padrões de falhas (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5 Slides 58-60		• Reduzir drasticamente falhas prematuras dos padrões A e F (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5	

Fonte: Kardec e Nascif [2]

Evolução da Manutenção

- 1) Mortalidade infantil - Os defeitos internos do equipamento (de fabricação ou deficiência de projeto) se manifestam pelo uso normal e pelo auto-ajuste do sistema. As falhas também podem ser decorrentes de problemas de instalação. Normalmente, estes defeitos estão cobertos pela garantia do fornecedor.
- 2) Vida útil do componente - é a fase com menor número de falhas, que decorrem de fatores pouco controláveis. Assim, a previsão é mais difícil.
- 3) Envelhecimento - os vários componentes vão atingindo o fim da vida útil e passam a apresentar falhas mais frequentes com o passar do tempo. É a hora de decidir pela reforma total ou sucateamento.

Evolução da Manutenção

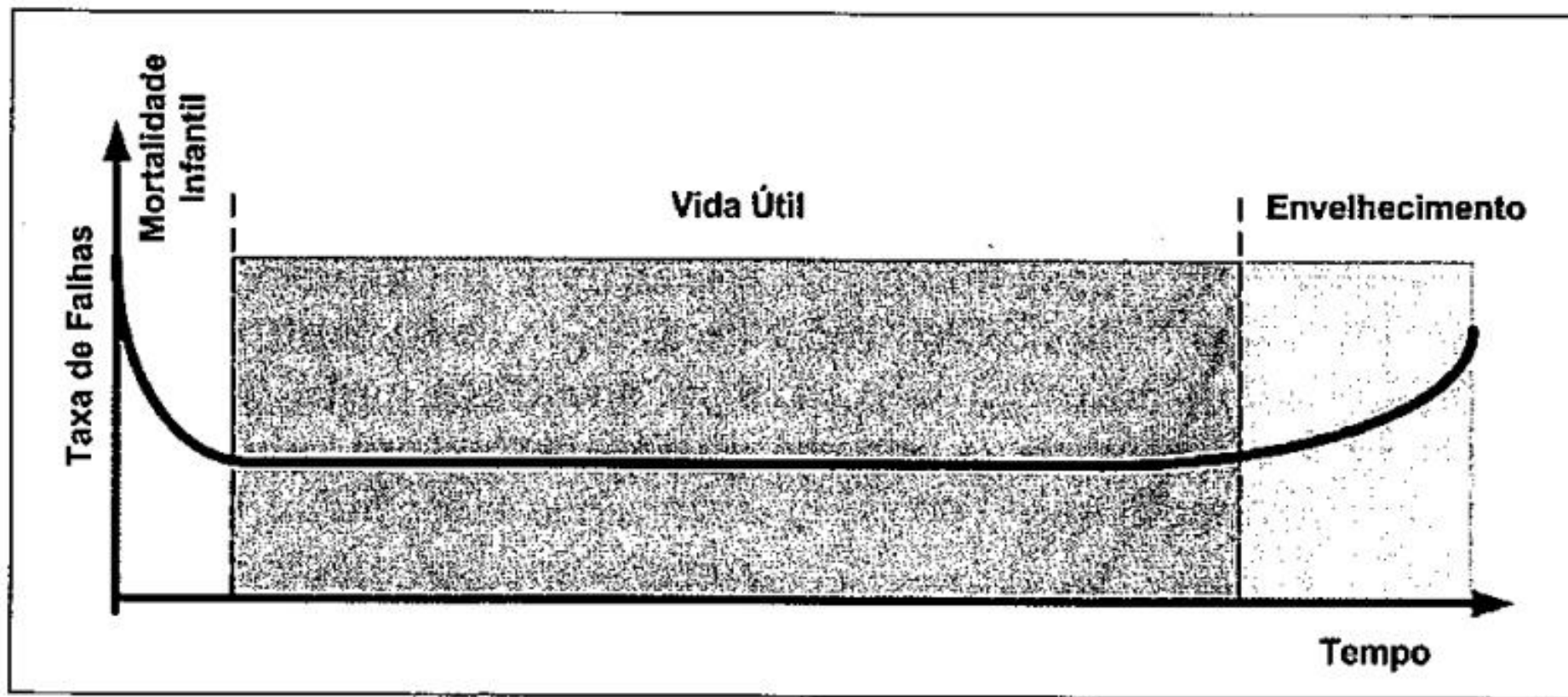
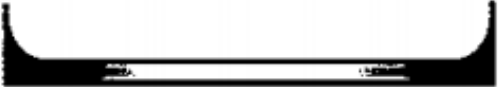







Figura 5.3 – Curva Característica da Vida de Equipamentos (Curva da Banheira).

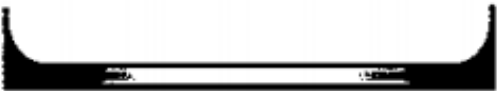





Evolução da Manutenção

Padrão de Falha	Idade / Probabilidade de Falha	UAL 1968	Bromberg 1973	US Navy 1982
A		4	3	3
B		2	1	17
C		5	4	3
D		7	11	6
E		14	15	42
F		68	66	29

- Padrão B: ocorre em equipamentos em contato com o produto e fluidos de processo.
- Padrão C: quando há corrosão, erosão, fadiga.
- Padrão D: em sistemas complexos que precisam manutenção altamente qualificada (sistemas hidráulicos e pneumáticos).

Fonte: Kardec e Nascif [2]

Evolução da Manutenção

Padrão de Falha	Idade / Probabilidade de Falha	UAL 1968	Bromberg 1973	US Navy 1982
A		4	3	3
B		2	1	17
C		5	4	3
D		7	11	6
E		14	15	42
F		68	66	29

- Padrão E: Falha randômica. Ocorre em elementos onde não há manutenção (Elementos rodantes de rolamentos, bulbos de lâmpadas).
- Padrão F: Sistemas complexos sujeitos a ciclos de paradas, frequentes manutenções gerais e flutuações cíclicas de produção.

Fonte: Kardec e Nascif [2]

Evolução da Manutenção

- Considerando os resultados dos 3 estudos, verificou-se que:
 - 77-92% correspondem a falhas randômicas;
 - 8-23% falhas relacionadas com o tempo de serviço (idade);
 - 3-4% corresponde a curva da banheira (padrão A);
 - 4-20% apresentam região de envelhecimento, ou seja, padrões A e B;
 - Se o padrão C também for admitido com padrão de envelhecimento, este número fica entre 8-23%;
 - Então, 77 - 92% não apresentam qualquer envelhecimento. Ou seja, enquanto imaginava-se que 9 entre 10 componentes tinham comportamento compatível com o padrão A, a verdade corresponde ao oposto.

Referências

- [1] Viana, HRG. Planejamento e controle de Manutenção. 2002.
- [2] Kardec, A. e Nascif, J. Manutenção: Função estratégica. 3 ed. 2009.
- [3] NBR 5462. Confiabilidade e manutenabilidade.

Dúvidas?