



Módulo 3 MANUTENÇÃO



Visão Produção



Organização das Nações Unidas caracteriza a atividade fim de qualquer entidade organizada como

“Produção = Operação + Manutenção”.

Tavares (1997)

A **“produção”** de uma organização é responsável pela estruturação dos recursos destinados à produção de bens ou serviços. Esta função é central devido ao seu produto constituir-se na razão da existência da organização.

Slack (1997) *apud* Walter (2000)

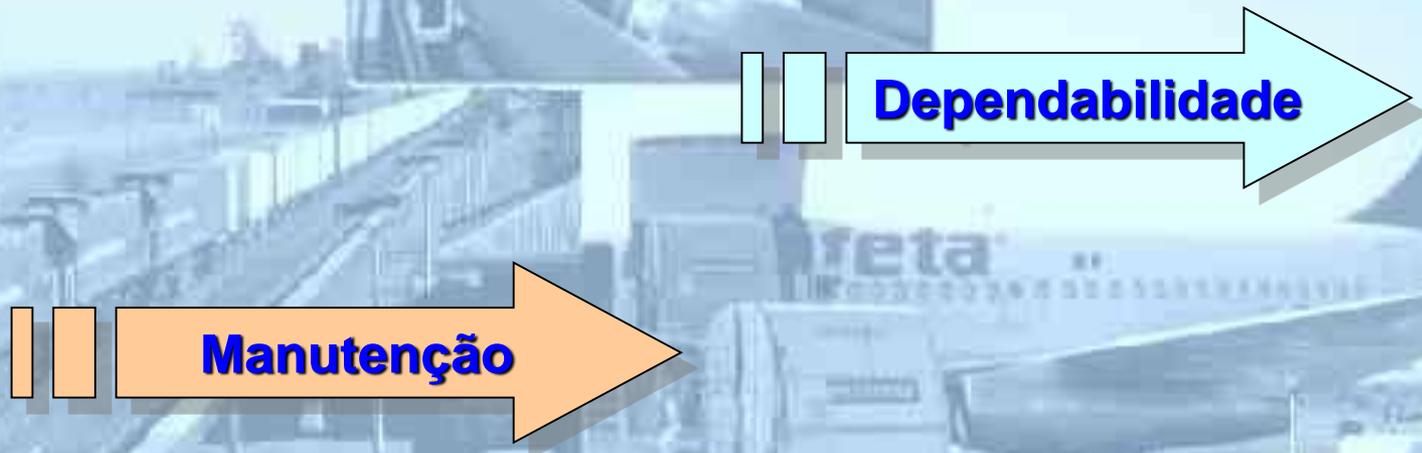
Visão Manutenção



A “**manutenção**” é o conjunto de atividades e recursos aplicados aos sistemas ou equipamentos, para mantê-los nas mesmas condições de desempenho de fábrica e de projeto, visando garantir a consecução de sua função dentro dos parâmetros de disponibilidade, de qualidade, de prazos, de custos e de vida útil adequados.

Hamaoka *et al.* (2000)

A equação que considera a soma dos atributos “**Operação**” e “**Manutenção**” pode ser representada adequadamente pelas considerações da **dependabilidade**, ou seja, pelos atributos que representam a confiança depositada em determinado sistema em relação ao seu correto funcionamento.



DEPENDABILIDADE E CONFIABILIDADE



Retirado de Seixas, Eduardo, Confiabilidade e Manutenibilidade, Qualitytek, Rio de Janeiro, 2001.

DEPENDABILIDADE



Essa “dependência”, ou a “dependabilidade”, foi estudada inicialmente por autores americanos, que posteriormente foram traduzidas para o Francês, Alemão, Italiano e Japonês, por um grupo de trabalho intitulado “*Working Group 10.4 on Dependable Computing and Fault Tolerance*” do IFIP (*International Federation for Information Processing*).

Avižienis et al. (2000)

DEPENDABILIDADE



O termo “dependabilidade” é uma tradução literal do termo inglês *dependability*, que indica a qualidade do serviço fornecido por um dado sistema e a confiança depositada no serviço fornecido.

Weber (2001)

Dependability

Tradução científica

Sûreté de Fonctionnement

Michaelis

Reliability

Michaelis

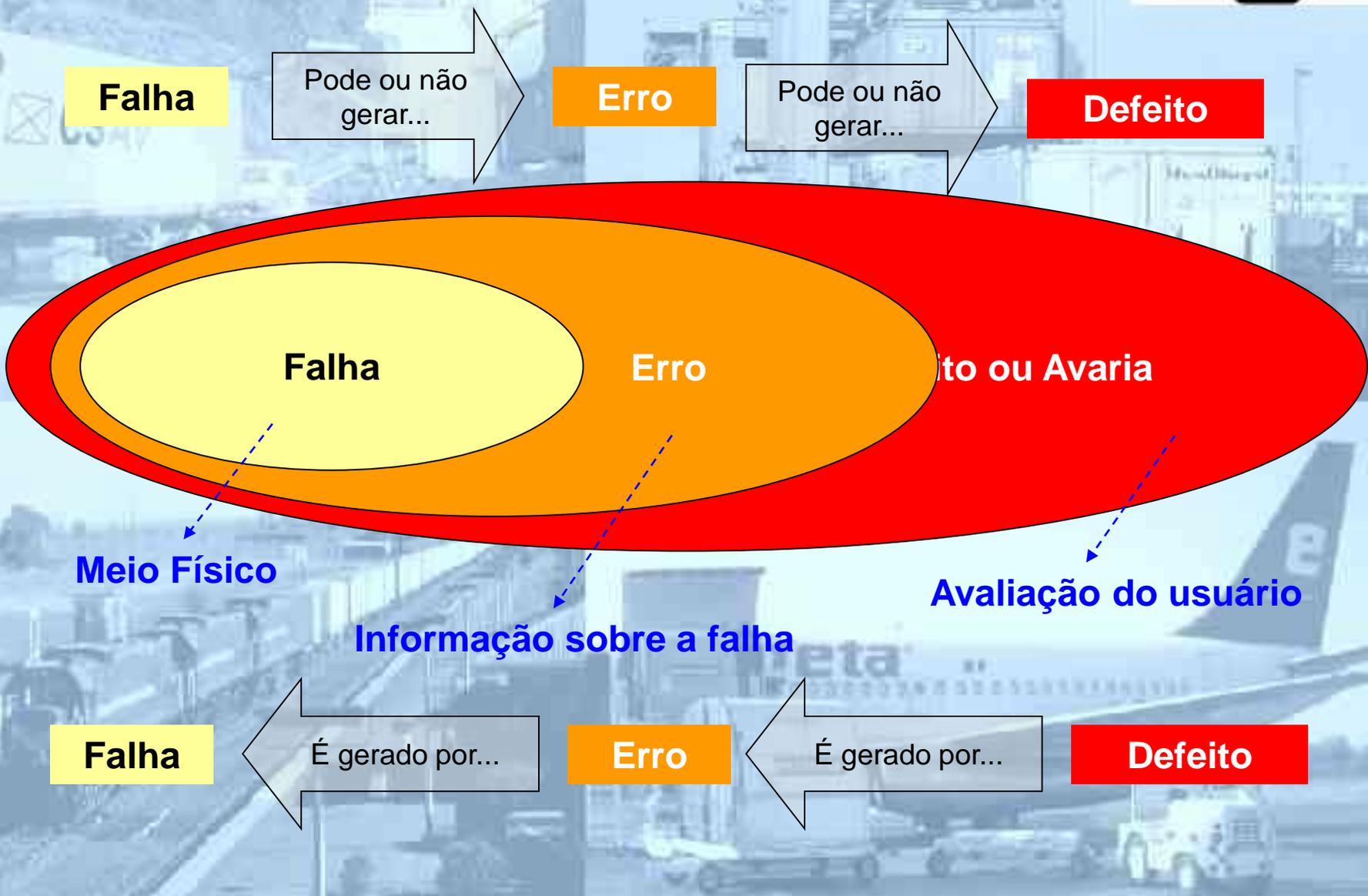
Confiabilidade ou Garantia de Funcionamento

DEPENDABILIDADE



O **desempenho** e a **dependabilidade** são duas importantes características para a **análise de sistemas**. Usualmente, devem ser avaliadas separadamente, considerando que a primeira assume que o sistema, e seus componentes, não irão falhar; e que a segunda baseia-se nas análises da falha e do reparo e na estrutura do sistema.

Das (1998)





Um sistema defeituoso (ou avariado) é aquele que contém falhas.

Apesar de uma falha ter o potencial de gerar erros (e por sua vez gerar defeitos), ela pode não gerar erro algum durante o período de sua observação. Esta falha pode não se manifestar até que o componente defeituoso seja usado.

Se há um erro no estado do sistema, então existe uma seqüência de ações que podem ser executadas e que levarão a defeitos (ou avarias) no sistema, a não ser que medidas de correção sejam tomadas.

MANUTENÇÃO



Retirado de Seixas, Eduardo, Confiabilidade e Manutenibilidade, Qualitytek, Rio de Janeiro, 2001.

1950

1960

1970

1980

1990

2000

Manutenção corretiva e preventiva

Manutenção Produtiva

Manutenção Produtiva Total

Manutenção Preditiva

Manutenção baseada no tempo

Manutenção Centrada na Confiabilidade

Manutenção baseada na condição

MANUTENÇÃO CORRETIVA



A manutenção corretiva é uma intervenção não planejada, pois atua após a ocorrência da falha ou mau funcionamento de um componente para restabelecimento ao seu estado operacional ou disponibilização para produção no sistema.

MANUTENÇÃO CORRETIVA



Justifica-se ter a manutenção corretiva como método de intervenção padrão quando:

- ✓ os gastos indiretos de falha e os problemas de segurança são mínimos;
- ✓ a empresa adota uma política de renovação freqüente do material e;
- ✓ o parque é constituído de máquinas muito diferentes umas das outras e as eventuais falhas não são críticas para a produção.

MANUTENÇÃO PREVENTIVA



A manutenção preventiva é caracterizada por ser uma intervenção planejada com o objetivo de reduzir a probabilidade de falhas de um equipamento. Consiste de inspeções, medições e serviços como limpeza, lubrificação, calibração e substituição periódica de peças críticas.

MANUTENÇÃO PREVENTIVA



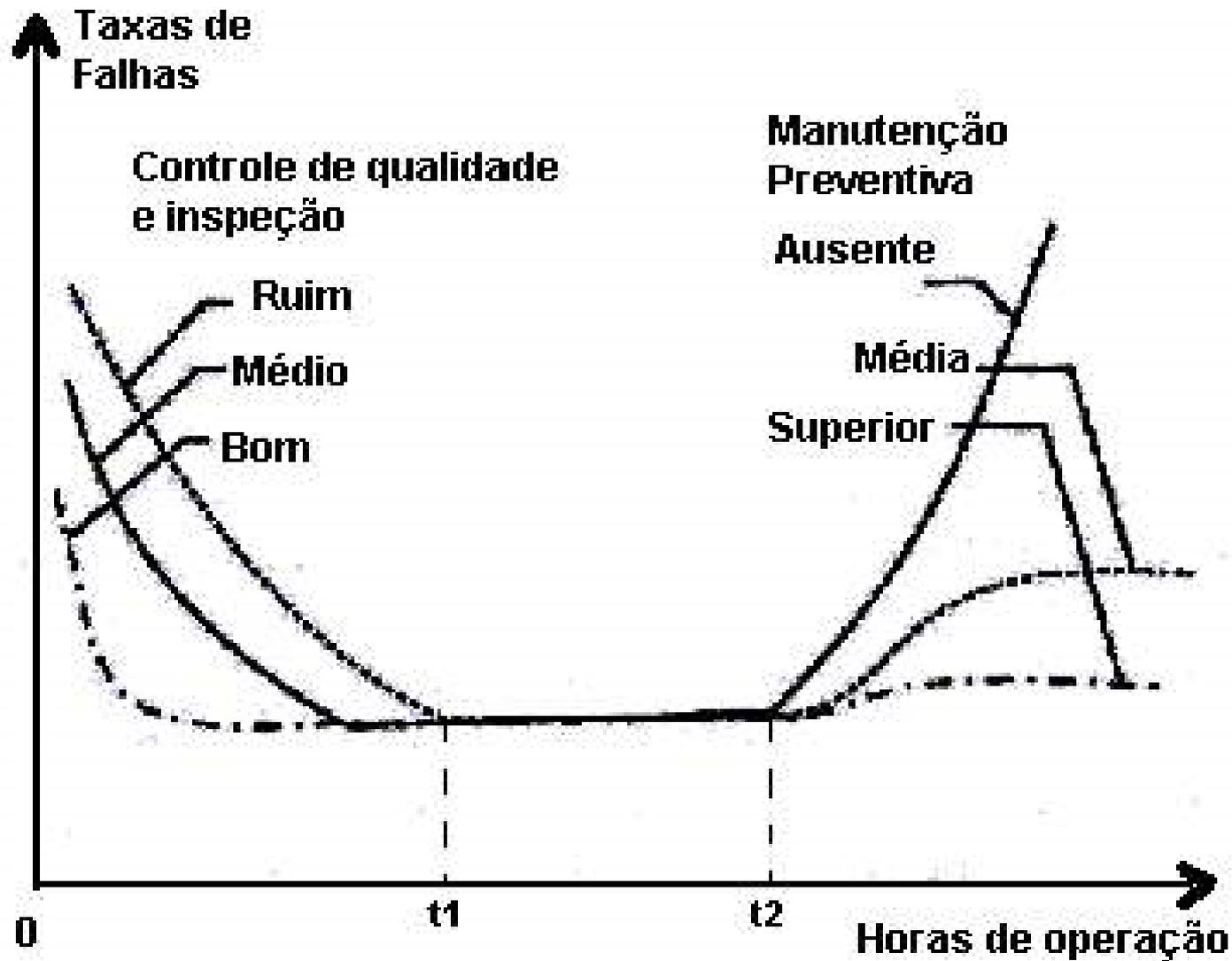
Ressalta-se que um programa adequado de manutenção preventiva deve considerar a relação entre os **custos das atividades de intervenção** e os **de paralisação do sistema, equipamento ou produção.**

Teófilo (1989)

A adoção da manutenção preventiva proporciona:

- ✓ Melhoria da continuidade do funcionamento do sistema (programação das paradas)
- ✓ Redução de estoques de peças de reposição
- ✓ Redução do tempo de indisponibilidade do componente.

MANUTENÇÃO PREVENTIVA



MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL



O programa de Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance*—TPM) também conhecido como programa de Manutenção Autônoma, é caracterizado pelo envolvimento de todos os funcionários da cadeia produtiva com os da manutenção, em níveis diferenciados, de acordo com o posicionamento na hierarquia da empresa.

MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL



O Japão concretizou a TPM com o envolvimento de todos em um programa de manutenção total, sendo aperfeiçoado pelo *Japan Institute of Plant Maintenance* – JIPM e implantado, a partir de 1970, na *Nippon Denso* (pertencente ao grupo *Toyota*).



Os propósitos básicos da TPM são:

- 1 - Melhoria individual dos equipamentos para elevar a eficiência;
- 2 - Elaboração de uma estrutura de manutenção autônoma pelo operador;
- 3 - Elaboração de uma estrutura de manutenção planejada pelo departamento de manutenção;
- 4 - Treinamento para a melhoria da habilidade do operador e do técnico de manutenção;
- 5 - Elaboração de uma estrutura de controle inicial do equipamento;
- 6 - Manutenção visando a melhoria da qualidade;
- 7 – Gerenciamento dos ativos;
- 8 – Foco na segurança, na higiene e no meio ambiente.

MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL



As melhorias devem ser conseguidas por meio dos seguintes passos:

- Capacitar os operadores para conduzir a manutenção de forma voluntária;
- Capacitar os mantenedores a serem polivalentes;
- Capacitar os engenheiros a projetarem equipamentos que dispensem manutenção, isto é, o “ideal” da máquina descartável;
- Incentivar estudos e sugestões para modificação dos equipamentos existentes a fim de melhorar seu rendimento.

MANUTENÇÃO PREDITIVA



Também conhecida como manutenção de condição, a manutenção preditiva é caracterizada pela atuação num determinado instante do tempo diagnosticado como ideal e tem como objetivo garantir a operação contínua do equipamento, prevenindo-se desta forma contra falhas iminentes. **A manutenção preditiva é um programa de manutenção preventiva acionado por condições.**

MANUTENÇÃO PREDITIVA



Para adoção da política de **manutenção preditiva** deve-se levar em consideração alguns fatores, tais como:

- ✓ A segurança;
- ✓ Os custos e;
- ✓ A disponibilidade dos equipamentos.

Obs.: Os custos de instrumentação e aparelhos de medições, bem como os de mão-de-obra envolvidos nesta política não são significativos, se comparados aos resultados, tanto sob o aspecto técnico quanto econômico.

MANUTENÇÃO PREDITIVA



A determinação do tempo ideal para a aplicação da manutenção preditiva pode ser conseguida por intermédio do monitoramento do componente e pela análise estatística das ocorrências.

A análise estatística é utilizada quando existem dados históricos da manutenção corretiva e preventiva que podem ser utilizados na aplicação do cálculo de probabilidades e determinação de parâmetros de confiabilidade.

MANUTENÇÃO PREDITIVA



Para que se possam monitorar os equipamentos, devem-se determinar parâmetros dos mesmos, que relacionados ao estado do sistema, caracterizem o momento da intervenção.

Esses parâmetros podem ser:

- ✓ Consumo de energia, de temperatura, de corrente elétrica, de viscosidade etc.;
- ✓ Níveis de vibrações e ruídos;
- ✓ Composição química das peças;
- ✓ Dimensão que avalie folga, desgaste etc.;
- ✓ Radiação eletromagnética dos componentes elétricos.

MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

A metodologia de **Manutenção Centrada na Confiabilidade** (MCC) ou *Reliability-centred Maintenance* (RCM) procura aumentar a confiabilidade e a segurança operacional dos ativos de uma corporação.

É um processo usado para determinar os requisitos de manutenção de qualquer componente físico no seu contexto operacional.



MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

Começou a ser desenvolvida na indústria aeronáutica, por volta de 1960, com o objetivo de estabelecer um processo racional e sistemático de análise que permitisse a definição de tarefas de manutenção de equipamentos para garantir a confiabilidade e a segurança operacional ao menor custo possível. Em 1978, Stan Nowlan e Howard Heap da United Airlines, lançaram o livro *Reliability-centered Maintenance*.



MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

O MCC é a única ferramenta metodológica que está amparada por um padrão outorgado pela Sociedade Internacional de Engenheiros Automotivos (SAE – *Society of Automotive Engineers*), SAE JA 1011, publicado em Agosto de 1999.

MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

Algumas organizações desenvolveram os seus padrões:

- ✓ Comando Aéreo Naval dos Estados Unidos da América: *Guidelines for the Naval Aviation Reliability Centered Maintenance Process* (NAVAIR 00-25-403).
- ✓ Marinha Real Britânica: *Naval Engineering Standard* (NES45).
- ✓ RCM2 – Versão da ALADON Consultoria em RCM, fundada por John Mitchell Moubray IV († 2004), que incorpora, dentre outros pontos, às questões ambientais e os critérios para quantificação de riscos ao processo de tomada de decisões.

MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

Para desenvolver o MCC necessita-se:

1. Conhecer o sistema;
2. Efetuar um detalhamento completo dos componentes;
3. Responder para cada um dos componentes sete perguntas:

MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

- 3.1.** Quais são as funções e padrões de desempenho do componente no seu contexto operacional atual?
- 3.2.** De que forma ele falha em cumprir suas funções?
- 3.3.** O que causa cada falha funcional (modo de falha) ?
- 3.4.** O que acontece quando ocorre cada falha?
- 3.5.** De que forma cada falha tem importância?
- 3.6.** O que pode ser feito para prevenir cada falha?
- 3.7.** O que deve ser feito, se não for encontrada uma tarefa preventiva apropriada?

MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

A implementação da MCC passa pela formação de uma equipe com a seguinte estrutura:

Auditor

Facilitador

Supervisor de Operações Operador

Mecânicos, eletricitas etc.

Supervisor de manutenção

Especialista (Técnico ou Analista de Processos)

MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

Auditor



Audidores:

os gerentes de nível superior, ou delegados por eles, devem comprovar a correta análise do sistema, a avaliação das conseqüências das falhas e a seleção de tarefas.

MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

Auditor



Facilitadores:

Especialistas treinados em MCC que deve garantir:

A-Que as perguntas do MCC sejam feitas corretamente, na seqüência correta e que sejam entendidas pelo grupo.

B-Que se cheguem a uma resposta de consenso.

C-Que nenhum componente significativo seja ignorado.

D-Que as reuniões progridam de forma rápida.

E-Que todos os documentos do MCC estejam concluídos corretamente.

MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

Resultados esperados com a implementação da MCC:

- ✓ Conhecimento aprimorado de como o componente funciona, juntamente com um claro entendimento do nível que ele pode e não pode alcançar.
- ✓ Compreensão de como o componente pode falhar, juntamente com as causas básicas de cada falha.
- ✓ Listas das tarefas propostas projetadas para assegurar que o componente continue a operar no nível de desempenho desejado.
- ✓ Aprimoramento do trabalho em grupo.

CONFIABILIDADE

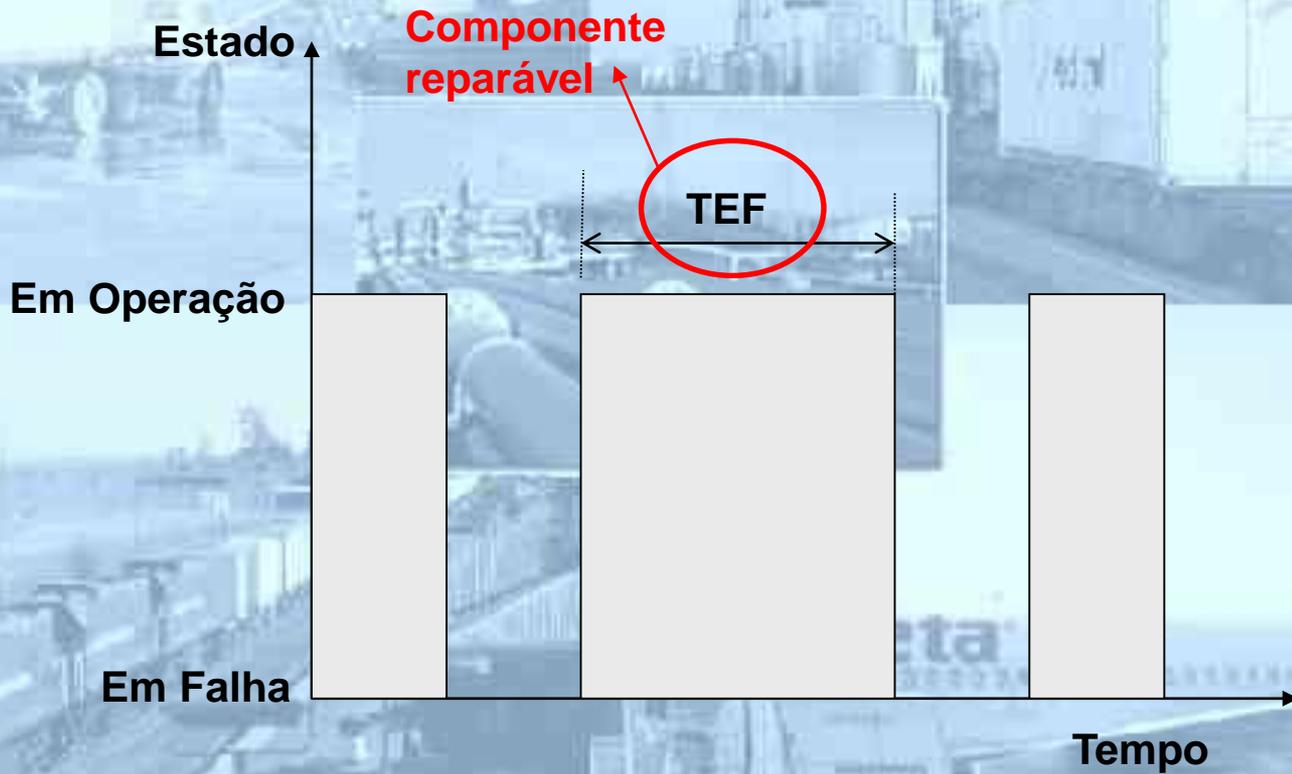
Confiabilidade é a probabilidade de um item, equipamento ou sistema de se encontrar em funcionamento no instante t , dado que no instante t_0 estava em funcionamento pode ser expressa por:

$$TMEF = \frac{\sum_{i=1}^n TEF_i}{n} \quad \text{ou} \quad TMEF = \frac{1}{\lambda}$$

Obs.: considerando-se que tal item, equipamento ou sistema está na **fase de vida útil**, ou seja, com taxa de falhas constante.

Sendo TEF o tempo existente entre o fim de uma falha i em um componente e o início de outra falha (a próxima falha) no mesmo e n o número de vezes que o componente esteve em operação normal. **Obs.:** para avaliar **componentes reparáveis**, considerando-se somente o tempo de funcionamento.

CONFIABILIDADE



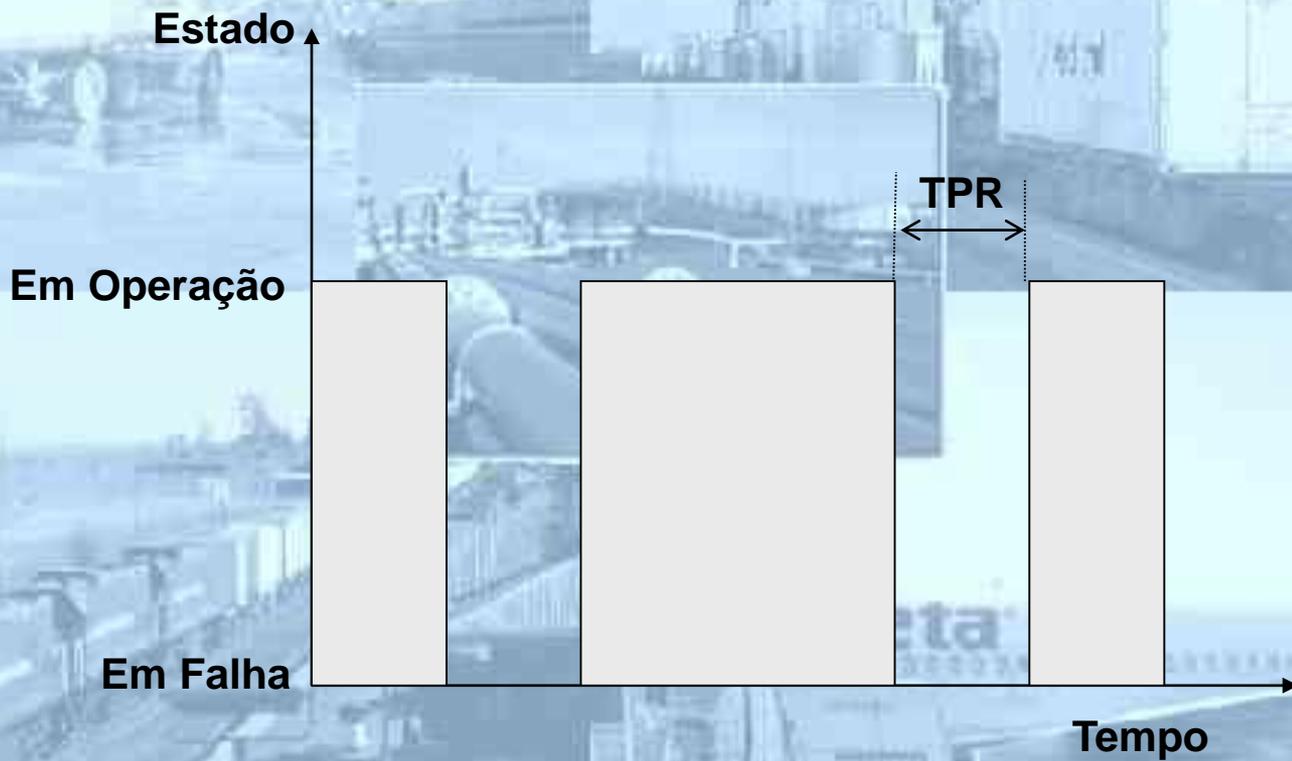
MANUTENABILIDADE

O Tempo Médio para Reparo (TMPR) ou *Mean Time to Repair* (MTTR) de um sistema é dado por:

$$TMPR = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i t_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} = \frac{1}{\mu}$$

Onde λ_i é a taxa de falha do i -ésimo componente reparável ou substituível num sistema, t_i é o tempo necessário para reparar o sistema quando o i -ésimo componente falhar, n é o número de componentes em reparo e μ é a taxa de reparo do componente que é a frequência com que os reparos ocorrem num certo intervalo de tempo.

MANUTENABILIDADE



DISPONIBILIDADE

Availability

Disponibilidade



Confiabilidade
(Tempo de
Operação)

Reliability

Manutenibilidade
(Tempo de
Reparo)

Maintainability

$$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR}$$