



**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS - FUPAC  
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**OCTÁVIO DE OLIVEIRA MIRANDA**

**IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA DE MANUTENÇÃO**

**UBÁ/MG  
2016**

**OCTÁVIO DE OLIVEIRA MIRANDA**

**IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA DE MANUTENÇÃO**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia da Produção da Produção.

Orientador: Prof.Me Carlos Augusto Ramos dos Reis

**UBÁ/MG  
2016**

# IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA DE MANUTENÇÃO

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é mostrar a importância de um gerenciamento estratégico da atividade da manutenção. Enfatizando o conceito de MCC (Manutenção Centrada na Confiabilidade). Utilizando para garantir que qualquer equipamento continue operando em suas condições normais. Também mostrando o que é preciso ser feito para assegurar que todo item físico continue a cumprir sem falhas por um período e tempo previsto. Com a utilização de ferramentas como FEMEA (Análise do Modo Efeito de Falha) e métodos modernos de otimização estatística, desenvolvidas pela Engenharia de Produção. Como em todo empreendimento de Engenharia, o sucesso da implementação da MCC depende não só da experiência prática e fundamentação teórica de seus processos mas também da adequabilidade dos meios organizacionais e de planejamento utilizados, sendo uma utilização estratégica devendo constatar dos objetivos e metas estabelecidos no planejamento empresarial da organização. Trazendo vários benefícios para a empresa, destacando suas vantagens sobre a manutenção tradicional. Além de reduzir custos, paradas inesperadas, há um aumento da disponibilidade dos equipamentos, maior controle do planejamento nas manutenções e melhoria contínua visando alcançar os melhores resultados a cada etapa do processo.

**Palavras-chave:** Reparo; Gestão; Organização; Confiabilidade

## **IMPLEMENTATION OF THE MAINTENANCE METHODOLOGY**

### **ABSTRACT**

The objective of this work is to show the importance of a strategic management of the maintenance activity. Emphasizing the concept of Reliability Centered Maintenance (MCC). Used to ensure that any equipment continues to operate under normal conditions. Also showing what needs to be done to ensure that every physical item continues to deliver without fail for an expected period and time. With the use of tools such as FEMEA (Fault Effect Mode Analysis) and modern methods of statistical optimization, developed by Production Engineering. As in any Engineering project, the success of the MCC implementation depends not only on the practical experience and theoretical basis of its processes, but also on the adequacy of the organizational and planning means used, being a strategic use and having to verify the objectives and goals established in the planning Organization. Bringing several benefits to the company, highlighting its advantages over traditional maintenance. In addition to reducing costs, unexpected stops, there is an increase in equipment availability, greater control of maintenance planning and continuous improvement aiming to achieve the best results at each stage of the process.

**Keywords:** Repair; Management; Organization; Reliability

## 1. INTRODUÇÃO

Nos ambientes industriais são exigidas eficiências operacionais cada vez mais altas. Isso implica previsibilidade das falhas e tempos reduzidos para os reparos. A principal responsabilidade recai sobre as áreas de manutenção para que descubram a origem da falha e não tão somente agir sobre os seus efeitos de quebras imprevistas e degradação. (PEREIRA, 2010).

É de se observar que nas ultimas décadas, foram feitas não só inovações nos sistemas organizacionais de forma a facilitar a efetiva integração das pessoas, recursos e tarefas, como houve a evolução do planejamento e controle da manutenção. É possível afirmar que nenhuma empresa se mantém por muito tempo no mercado se não tiver um bom gerenciamento da manutenção, pois se a manutenção não apresenta bons resultados a produção logicamente também não. (BRANCO, 2008).

Dentro desse cenário, existe uma série de sistemas e conceitos que ajudam as indústrias a se reformularem de maneira que possam alcançar seus objetivos.

Um desses sistemas seria a Manutenção Centrada na Confiabilidade. Conforme Siqueira (2014) entre as tecnologias contemporâneas de manutenção a MMC (Manutenção Centrada na Confiabilidade) tem expandido sua aplicação a praticamente todos os ramos de atividade humana, onde haja necessidade de manter o funcionamento de ativos físicos ou processos. Originária da indústria aeronáutica americana e adotada pelas indústrias nucleares e elétricas mundiais e hoje aplicada em muito outros setores modernos da economia, inclusive o terciário e de serviço.

Segundo MARTINS (2005) uma instalação bem mantida, com baixíssimas interrupções, acaba por trazer à empresa uma vantagem competitiva sobre seus concorrentes. E dentro desse enfoque que as empresas estão dedicando, cada vez mais, atenção ao assunto, procurando novas técnicas de aumento da confiabilidade, vale dizer, melhorando a manutenção dos equipamentos críticos e não críticos.

O presente estudo aborda o tema Manutenção Centrada em Confiabilidade. Ela consiste em um processo usado para determinar o que é preciso ser feito para assegurar que qualquer item físico ou processo continue a cumprir sua função sem falhas por um período de tempo previsto em condições de operações desejadas.

E nesse sentido o principal objetivo do estudo é expor as principais tipos de manutenção enfatizando o sistema de Manutenção Centrada em Confiabilidade.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO

Nas últimas décadas a manutenção teve uma evolução considerável em relação à conscientização de quanto uma falha do equipamento pode trazer para segurança, meio ambiente e produção, maior pressão em conseguir um aumento na disponibilidade dos equipamentos e redução de custos. Esta evolução fez com que a estrutura e habilidades dos profissionais da manutenção aumentassem. O Quadro 1 mostra essa evolução :

QUADRO 1 – Evolução da Manutenção

Evolução da Manutenção							
	Primeira geração		Segunda Geração		Terceira Geração		Quarta Geração
Ano	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000 2010

FONTE: Manutenção função estratégica 2010, p.5.

De acordo SIQUEIRA (2014) a primeira geração da manutenção começou antes da Segunda Guerra Mundial. Nesta época a indústria era pouco mecanizada, e em sua grande maioria seus equipamentos eram de grande porte, ou seja, subdimensionados. Naquela época a produção não era um caso de prioridade devido à falta de concorrência, não existiam colaboradores específicos de manutenção e quem fazia as manutenções era o próprio operador. A manutenção era fundamentalmente corretiva.

Como ressalta SIQUEIRA (2014) a segunda geração da manutenção teve início depois da Segunda Guerra Mundial até os anos 50. Devido à grande escassez de mão de obra e o aumento da demanda de produtos diversos, as indústrias necessitavam de equipamentos mais sofisticados com instalações industriais mais complexas. Nesta parte da evolução as empresas já pensavam em maior disponibilidade dos equipamentos, surgindo a manutenção preventiva e o conceito de planejamento e controle de manutenção.

Estes fatos motivaram um esforço científico de pesquisa e desenvolvimento de técnicas de manutenção preventivas, orientadas para a minimização dos impactos de falhas nos processos e meios de produção. Deste esforço, resultou o surgimento das técnicas de manutenção preditivas (1950), bem como a disseminação do processo de

revisão periódica de equipamentos notadamente na indústria aeronáutica. (SIQUEIRA, 2014 ,p.5)

Conforme SIQUEIRA (2014) a terceira geração da manutenção teve início a partir dos anos 70 até o século XXI. Naquela época a paralisação dos equipamentos por efeitos de manutenção trouxeram bastante prejuízo para as indústrias afetando a qualidade dos produtos. Neta época começando a tendência da utilização do *Just in time*.

De acordo com MARTINS (2005) o processo *Just in time* é o gerenciamento da produção, usando o mínimo de matéria- prima, embalagens, estoques intermediários, recursos humanos, no exato momento em que é requerido tanto pela linha de produção quanto pelo cliente.

Para SIQUEIRA(2014) a automação veio forte nesta época aumentando a produção das indústrias e conseqüentemente, a necessidade de maior disponibilidade dos equipamentos. As falhas cada vez mais vêm trazendo conseqüências graves para segurança e meio ambiente, aonde as exigências só vem aumentaram podendo a empresa ser paralisada de executar seu funcionamento. O conceito de “Agir antes da falha” começou a ser utilizado com uso da manutenção preditiva.

A quarta geração da manutenção teve início após os anos 2000 já priorizando a parte de gestão e considera que as máquinas são ativos da empresa, o seu funcionamento reflete no patrimônio. Nesta geração utiliza-se a estratégia da manutenção centrada na confiabilidade.

### **3 TIPOS DE MANUTENÇÃO**

Hoje, existem vários tipos de manutenções existentes. A empresa que pretende utilizar um desses tipos de manutenção tem que levar em conta a questão principal que é o custo de implantação e o retorno que terá em benefício para a empresa.

Existe uma grande variedade de denominações para classificar a atuação da manutenção, porém as práticas básicas definem os tipos principais de manutenção, que são: manutenção corretiva não planejada, manutenção corretiva planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e engenharia de manutenção. Pinto & Xavier (2001, p.35),

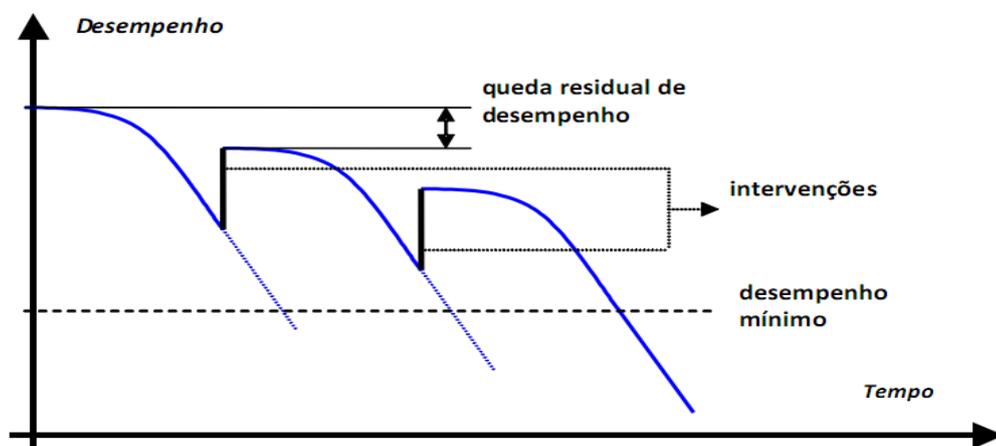
### 3.1 Manutenção corretiva

Como ressalta KARDEC e NASCIF (2004) a manutenção corretiva no próprio nome já diz “corrigir”, é aquela que exige na maioria das vezes o atendimento imediato à produção. Esse conceito é “A máquina parou, a manutenção concerta imediatamente”. As empresas que não trabalham com uma manutenção programada e bem administrada têm grandes problemas com quebras inesperadas, correm o risco grande de não ter mantenedores suficientes para execução dos trabalhos. Tendo em vista que a manutenção corretiva é o método mais caro para as empresas devido à baixa disponibilidade dos equipamentos, alto número de peças sobressalentes no estoque, alta taxa de horas extras dos mantenedores e conseqüentemente menor vida útil do ativo da empresa.

### 3.2 Manutenção Corretiva não planejada

Segundo KARDEC e NASCIF (2004) a manutenção corretiva não planejada é totalmente indesejável na maioria das indústrias, pois além de causar sérios danos nos equipamentos ela pode parar a produção por um tempo indeterminado aumentando o custo de peças de reposição e diminuindo o lucro da empresa. As aquisições de peças em última hora geram desconforto e rapidez do setor de suprimentos, pois devido à urgência não há tempo de contar com vários fornecedores e conseqüentemente o custo do frete será maior. Tudo que não é planejado sai mais caro e demora muito.

FIGURA 2 - Gráfico Manutenção corretiva não planejada.



Disponível em: <https://ecivilufes.wordpress.com/tag/desempenho/> Acesso em 11 dez. 2016

No GRAF 2 está detalhado que o equipamento que trabalha até a falha, utilizando o conceito de manutenção corretiva não planejada nunca terá o desempenho e o tempo de funcionamento como antes, mesmo se o equipamento estiver com peças novas.

### **3.3 Manutenção corretiva planejada**

De acordo com KARDEC e NASCIF (2004) a manutenção corretiva planejada acontece quando é encontrada alguma anomalia na preditiva e com a decisão gerencial, opina-se por deixar o equipamento trabalhar até a falha. Esse tipo de manutenção é planejado. Tudo que é planejado sai mais barato, mais rápido e mais seguro.

### **3.4 Manutenção preventiva**

Segundo Viana (2002) pode-se classificar como manutenção preventiva todo serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falhas, estando com isto em condições operacionais ou estado de zero defeito.

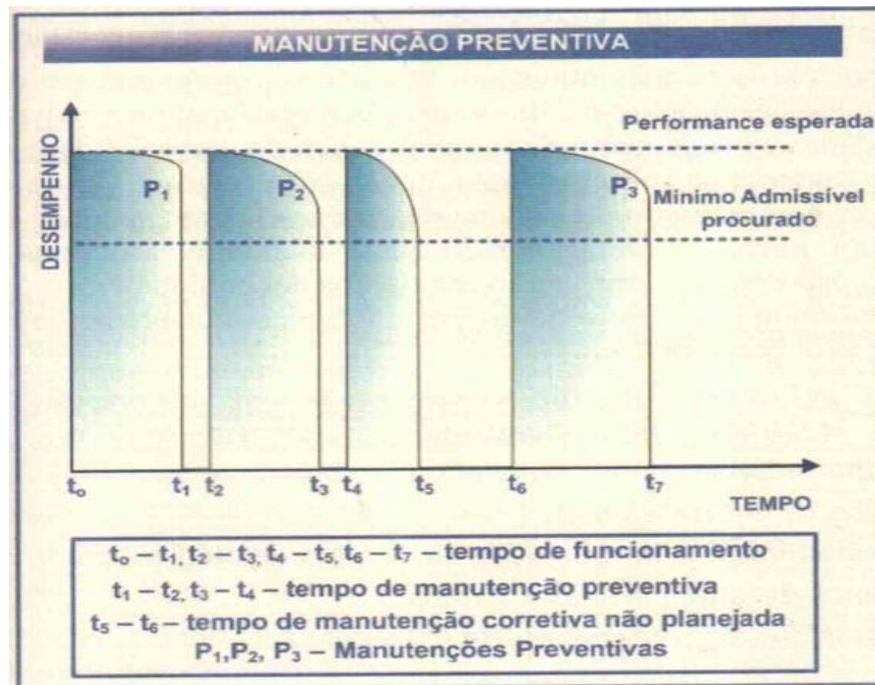
A manutenção preventiva visa trocar peças em uma determinada periodicidade, sendo em horas trabalhadas, dias, meses ou até anos, obedecendo a um plano de manutenção elaborado.

A manutenção preventiva só deverá ser utilizada caso não houver chance de fazer a preditiva, quando a segurança esta envolvendo algum risco ou quando afeta a produção.

Qualquer processo, seja ele qual for recisa de um *Retrofitting* constante; a “educação continuada” nos mostra que o estudo e a verificação de atividades proporcionam uma melhoria imprescindível para um método de trabalho. A manutenção preventiva nos dá está condição de melhoramento de métodos; a partir do momento em que a atuação em um equipamento se repete, a visualização de seus pontos se torna mais nítida a cada preventiva, fazendo com que os métodos (pauta) sejam atualizados consequentemente. (Viana, 2002, p.11).

Conforme o QUADRO 3 o autor detalha que o equipamento está na performance esperada e a medida que sua performance vai caindo já é efetuada a manutenção preventiva, trocando peças que na maioria das vezes estão em boas condições para trabalhar mais tempo, por isso que a manutenção preventiva é a mais cara.

QUADRO 3 - Manutenção preventiva.



FONTE: Kardec e Nascif, 2009

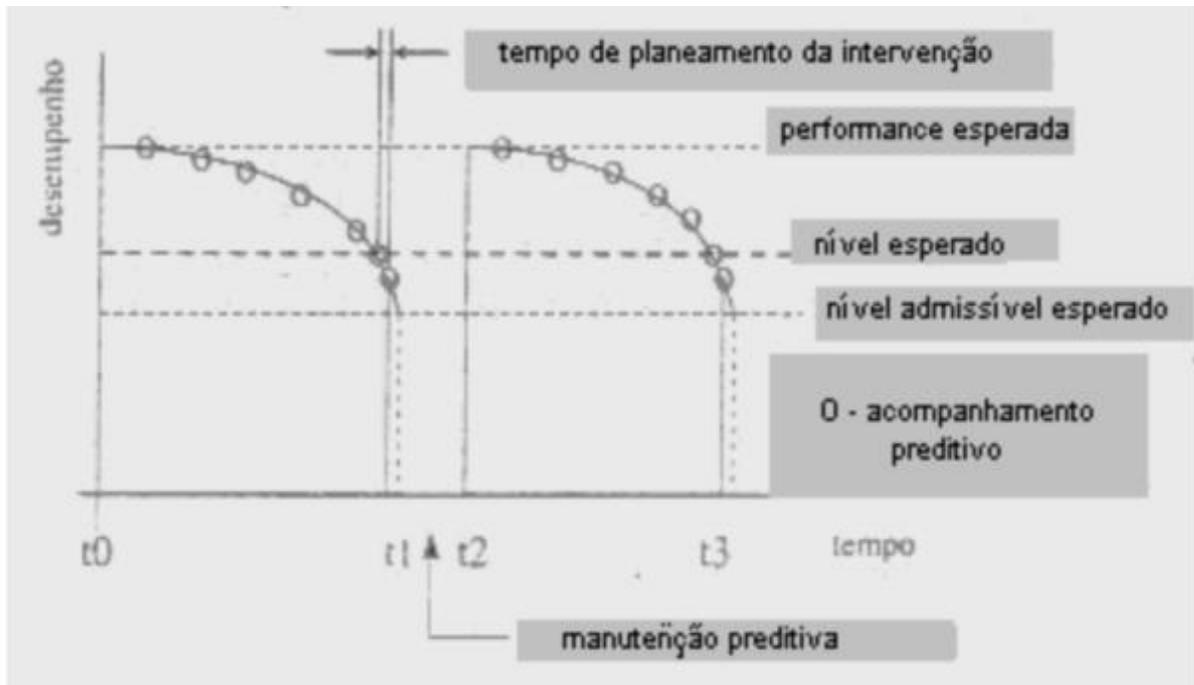
### 3.5 Manutenção preditiva

“Manutenção preditiva é todo trabalho de manutenção realizado em máquinas que estejam em condições operacionais, de modo sistemático, seja por tempo transcorrido, seja por quilômetros rodados ou qualquer outra variável.”(FILHO, 2008, p. 35).

Segundo VIANA (2002) a manutenção preditiva tem como objetivo analisar a condição do item. Seu objetivo é prevenir as falhas através de monitoramentos como, análise vibração, análise termográfica, análise de óleo. Isso permite que o equipamento trabalhe continuamente com o maior tempo possível e menor custo de manutenção.

No Quadro 4 a seguir mostra como a manutenção preditiva é importante, isso já é percebido no gráfico. O equipamento começa na performance esperada seguindo com uma periodicidade de inspeção preditiva. Ao chegar ao nível de alarme esperado e programado a manutenção e o processo retoma como começado.

QUADRO 4 - Ilustrativo da Manutenção Preditiva



FONTE:( JOSÉ, 2009)

### 3.6 Manutenção Detectiva

Como ressalta Pinto & Xavier (2001) Manutenção Detectiva é a atuação efetuada em sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção. Neste tipo de manutenção a falha é diagnosticada de forma direta a partir de um processamento colhido na planta. São sistemas de controladores lógicos, sistemas digitais, supervisórios. É importante o conhecimento das falhas pelo pessoal da manutenção para saber qual ação tomar, e da operação para saber qual a informação que será passada para manutenção. Abaixo estão alguns tipos tarefas da manutenção detectiva:

- Testes de detectores de gás de fumaça e fogo;
- Inspeção de bombas de incêndio;
- Testes com válvulas de todos os tipos;
- Inspeção veicular anual;
- Teste de emergência ligue/ desligue de sistemas de vasos de pressão;
- Testes de malhas de controle de dispositivos de segurança.

### 3.7 Engenharia de manutenção

De acordo com Fabro (2003), quando a área de manutenção de uma organização passa a praticar a engenharia de manutenção, ela passa a mudar sua cultura, passa a investigar as causas das quebras e interrupções, modificar situações crônicas, melhorar sistemáticas, enfim, almeja garantir maior disponibilidade à planta, utilizando técnicas consagradas a custos aceitáveis conforme figura 4. Neste mesmo sentido, a engenharia de manutenção encarrega-se da gestão do processo de manutenção, procurando melhorar continuamente a eficiência do mesmo.

A seguir alguns métodos básicos que engenharia de manutenção deve trabalhar:

- Deixar de ficar consertando continuamente;
- Procurar as causas básicas;
- Modificar situações permanentes de mau desempenho;
- Deixar de conviver com problemas crônicos;
- Melhorar padrões e sistemáticas;
- Desenvolver a manutenibilidade;
- Dar *feedback* no projeto;
- Interferir tecnicamente nas compras;

## 4 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO

Desde a segunda geração da manutenção as empresas adotaram o planejamento e controle da manutenção visando às ações para obter objetivos, fiscalizando atividades de pessoas ou departamentos e controlando os resultados perante a manutenção.

O impacto do Planejamento e Controle da Manutenção para saúde de uma empresa é primordial, pois seria impossível um atleta competir com chance de vitória, se o seu organismo estivesse debilitado. A manutenção industrial cuida dos intramuros de uma companhia e o PCM a organiza e a melhora; se este for eficiente, a companhia terá saúde financeira para existir e colocar seus produtos no mercado, com qualidade superior e preço competitivo. (VIANA, 2002, p.4).

..

Segundo VIANA (2002) a manutenção tem o objetivo de deixar os equipamentos produzindo de forma adequada mantendo a qualidade dos produtos. Com a evolução das organizações foram introduzidas novas estratégias das organizações sendo utilizadas nos anos recentes.

#### 4.1 Conceito de Manutenção Produtiva Total

A manutenção produtiva total é um sistema desenvolvido no Japão com o objetivo de eliminar perdas, diminuir custos, garantir a qualidade dos produtos, reduzir paradas inesperadas e atingir os menores números de acidentes e defeitos. Entende-se que, no aspecto conceitual, o TPM significa a falha zero e quebra zero das máquinas, defeito zero nos produtos e perda zero nos processos.

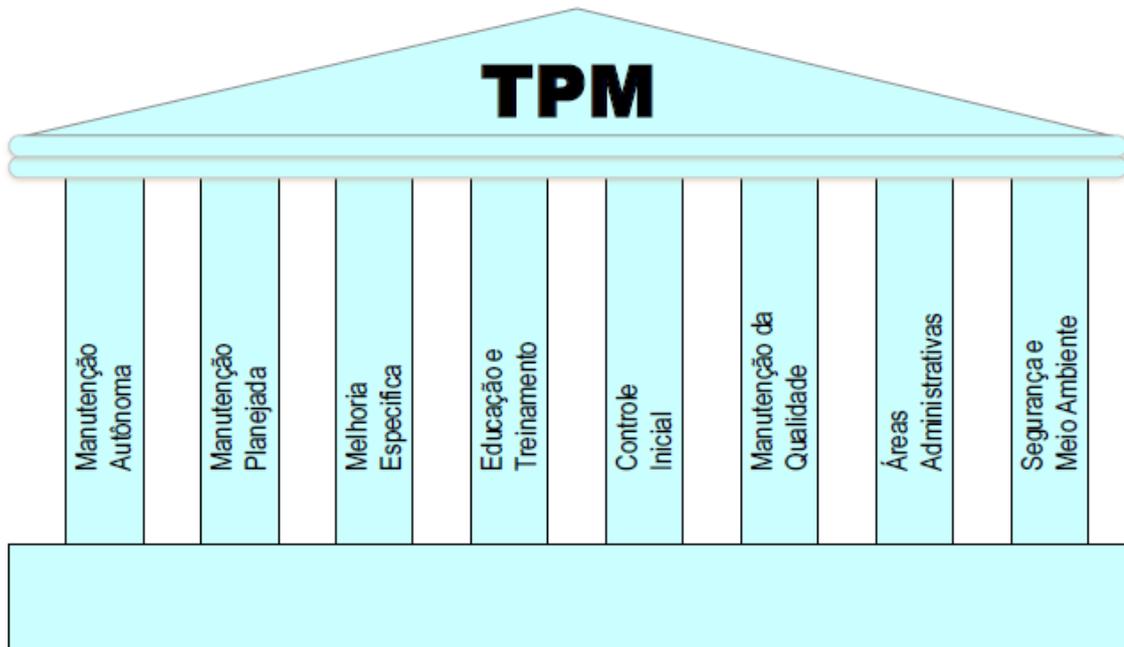
TPM ou *Total Proctive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total) é uma filosofia japonesa de manutenção para aumentar a disponibilidade total da instalação, a qualidade dos produtos e a utilização dos recursos. Baseia-se no fato de as causas das falhas e a má qualidade são independentes. Muito treinamento, muita disciplina, muita limpeza e a participação total de todos são os pontos a serem perseguidos. O operador passa a ser operador-mantenedor e sua presença deve ser incentivada. (BRANCO FILHO, 2008, p.39).

Para PALMEIRA E TENÓRIO (2002) um bom funcionamento dos equipamentos há seis fatores básicos, sendo eles: poeira, lama e detritos, existência de sujeira desgaste por longo tempo de uso, execução de reparos incompletos; falta de habilidade humana sobre a máquina; falta de habilidade em executar a manutenção e, por último, desenvolvimento de projeto de construção do equipamento não satisfatório.

A TPM é sustentada por oito pilares básicos conforme FIG 5.

- Melhorias Específicas
- Controle Inicial
- Manutenção Autônoma
- Educação e treinamento
- Manutenção Planejada
- Áreas Administrativas
- Manutenção da Qualidade
- Segurança e Meio Ambiente

Figura 2 - Pilares do modelo TPM.



Disponível em: <http://producaoindustrialequalidade.blogspot.com.br/2011/05/tpm-manutenção-produtiva-total.html>. Acesso em 30 mar. 2016.

#### 4.1.1 Manutenção Autônoma

De acordo com PEREIRA (2010) a manutenção autônoma é o ponto de partida para implantação do programa TPM. Com a partida do programa dentro da empresa os operadores assumirão responsabilidade perante as máquinas que trabalham, com foco de que este operador passa ser dono do equipamento que opera.

Para Viana (2002) na manutenção autônoma vale a máxima: “Da máquina cuida eu” que é dotada pelos operadores que passam a executar serviços de manutenção no maquinário que operam. Serviços estes que vão desde as instruções de limpeza, lubrificação e tarefas elementares de manutenção, até serviços mais complexos de análise e melhoria dos instrumentos de produção.

Motivar as equipes de operação e manutenção para, de forma compartilhada, atingirem a meta comum de restaurar e manter as condições básicas dos equipamentos, parando o processo de deterioração desses; Ajudar os operadores a aprender mais funções dos equipamentos, os problemas comuns que podem ocorrer nos equipamentos e como evitar esses problemas; Preparar os operadores para que sejam parceiros ativos do pessoal de engenharia e manutenção na busca da melhoria

do rendimento global e do aumento de confiabilidade da planta dos equipamentos. (PALMEIRA E TENÓRIO 2002, p.125)

#### **4.1.2 Etapas de preparação do TPM**

Para implantação do TPM é indispensável que sigam as seguintes etapas:

- A.** Decisão da alta gerência para implantação do programa. Não é necessário apenas envolver e sim comprometer a sua realização.
- B.** Treinamento a todos da empresa. É de muita importante que da organização o conhecimento dos métodos da TPM.
- C.** Escolher um coordenador. Essa pessoa deverá ter o conhecimento em grande escala do programa.
- D.** Medir resultados. Obter parâmetros para acompanhar os resultados do programa.
- E.** Auditoria. Desenvolver o sistema para melhorias para ajustar detalhes da TPM.

#### **4.1.3 Ferramentas do TPM**

Algumas ferramentas são muito importantes para o funcionamento da TPM e seu desenvolvimento. As ferramentas são conhecidas como “tesouro” do TPM, a LPP (lição ponto a ponto) que transmite melhor entendimento estimulado o autoaprendizado.

A metodologia prevê que se pra utilize para a realização de treinamentos um recurso muito eficiente para a multiplicação de conhecimento: a lição ponto a ponto (LPP), em que é divulgado um conhecimento, uma melhoria ou uma solução em folha de papel. (PALMEIRA; TENÓRIO 2002)

Segundo PALMEIRA; TENÓRIO (2002) as reuniões com o time têm como objetivo avaliar os indicadores de desempenho visando traçar planos de ações para melhoria contínua dos resultados, manter a comunicação geral, resultados com a segurança, cumprimento de todas rotinas de manutenção autônoma dos operadores. E os quadros de atividades ou também chamados de gestão à vista é muito importante para colocar informação de indicadores, metas estipuladas e resultados da empresa.

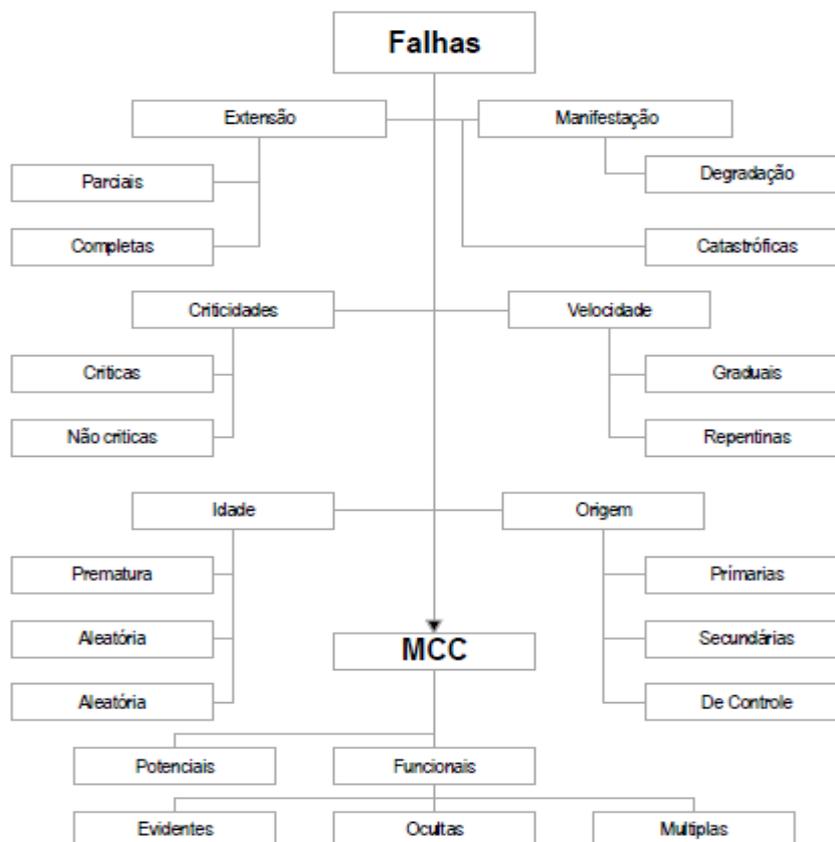
#### 4.1.4 Conceito de quebra/falhas

Assim que a falha acontece é necessário que o gerente da produção tenha um mecanismo para que percebam rapidamente porque a falha aconteceu. O objetivo é conhecer a causa fundamental e seus conceitos.

Toda organização deve conhecer as falhas para diferenciar e atentar para que não venham prejudicar o restante da produção.

Para Siqueira (2014) de maneira geral, uma falha consiste na interrupção ou alteração da capacidade de um item de desempenhar uma função requerida ou esperada completando esta definição, as falhas podem ser classificadas sob vários aspectos, tais como origem, extensão, velocidade, manifestação, criticidade ou idade. A FIG.6 relaciona esses aspectos, em acréscimo à classificação adotada pela MCC.

Figura 6 – Classificação das Falhas



Fonte: SIQUEIRA (2014, p.52)

## 5 Modo de Falha e Efeito FMEA

Essa metodologia tem a sigla que origina do inglês e da frase “*Failure Mode and Effect Analysis*” o que na tradução significa “Modo de falha e Efeito”. O FMEA tem a abordagem de priorizar falhas potenciais em equipamentos, sistemas e processos. Este sistema fornece recomendação para ações preventivas o que necessita de especialistas dedicados a analisar e solucionar as falhas. Com essa ferramenta busca-se o aumento da confiabilidade, o que se tornou imprescindível dentro das empresas, pois qualquer perda de produção ou falha no equipamento pode trazer prejuízos irreparáveis à empresa, ressaltando que as falhas de alguns equipamentos podem colocar a vida humana em risco, como exemplo: equipamentos hospitalares, aviões, usinas nucleares e empresas químicas. O FMEA foi desenvolvido com o objetivo de auxiliar os novos produtos e processos dentro da indústria, mas devido a sua grande versatilidade a metodologia passou a ser empregada de diversas formas. Devido a essa flexibilidade o FMEA é utilizado para reduzir as falhas em processos existentes, em produtos e em processos administrativos e, ultimamente, tem sido aplicada em casos específicos como análise de fontes de risco na engenharia de segurança e indústria de alimentos.

A disponibilidade de métodos analíticos modernos trouxe maior segurança à atividade de manutenção, introduziu novos desafios ao profissional desta área . Cabe a ele selecionar a técnica mais apropriada para tratar cada tipo de falha. Além desta missão, a ele compete o atendimento às exigências dos proprietários da instalação, dos clientes e consumidores, e da sociedade em geral, da forma mais econômica, e com capital humano disponível. (SIQUEIRA, 2014, p.19).

Com o grupo de pessoas definido a equipe trabalhará para identificar como funciona o processo, as especificações do produto, as possíveis falhas, efeito e causas prováveis. Na sequência Quadro 2, são identificados os riscos de cada causa e por meios de índices são avaliados, para que possa tomar as ações relacionadas à detecção e prevenção de falhas e criar melhorias que irão diminuir os riscos e aumentar a confiabilidade.

Para iniciar a análise é necessário conhecer o conceito de cada termo usado.

- **Causa** – é o meio pelo qual um elemento particular do projeto ou processo resulta em um modo de falha.
- **Efeito** – é uma consequência adversa para o consumidor ou usuário. Consumidor ou usuário podem ser a próxima operação ou o próprio usuário.
- **Modos de falha** – são as categorias de falha que são normalmente descritas.
- **Frequência** – é a probabilidade de ocorrência da falha.

- **Gravidade da falha** – indica como a falha afeta o usuário ou cliente.
- **Detectabilidade** - indica o grau de facilidade de detecção da falha.
- **Índice de risco ou número de prioridade de risco – NPR** – é o resultado do produto da frequência pela gravidade da falha pela detectabilidade (facilidade de detecção). Esse índice dá a prioridade de risco da falha.

$$\text{NPR} = \text{Frequência} \times \text{Gravidade} \times \text{Detectabilidade}$$

Para determinação da taxa de risco de falha deve-se adotar a sequência abaixo respondendo às questões e dando-lhes o determinado peso conforme a tabela para NPR, que tem uma escala para os três critérios avaliados que são Gravidade, Frequência e Detectabilidade sendo peso 1 a situação menos impactante e 10 a mais grave.

- a) Isolar e descrever o modo de falha potencial: Sob que condições o equipamento falha?
- b) Descrever o efeito potencial de falha:
  - Ocorre parada ou redução de produção?
  - A qualidade do produto é afetada?
  - Quais os prejuízos?
- c) Determinar a frequência, a gravidade e a detectabilidade da falha :
  - Qual a frequência de ocorrência da falha?
  - Qual o grau de gravidade da falha?
  - Qual a facilidade da falha ser detectada?
- d) Determinar o número da prioridade do risco – NPR.
- e) Desenvolver plano de ação para eliminar ou corrigir o problema potencial.

## 6 5W2H

Conforme Miguelando (2013) o 5W2H é uma metodologia para o que se elabora um plano de ação. Essa ferramenta tem o objetivo de eliminar os ruídos da comunicação gerando uma melhor qualidade nas execuções das tarefas. Ele reúne todas as informações julgadas como as mínimas necessárias para executar um determinado plano de ação.

## 7 INDICADORES E INDICES DE MANUTENÇÃO DE CLASSE MUNDIAL

Hoje as empresas necessitam de indicadores para saber realmente onde estão e a que objetivos querem atingir. Conforme Branco (2006, p.01) uma empresa possui ativos que foram adquiridos para produzir bens que garante a sobrevivência da empresa no mercado competitivo. Uma equipe de manutenção tem como objetivo prestar serviços de manutenção, e zelar para que as máquinas funcionem nas melhores condições possíveis. A manutenção por parte da gerencia necessita de que ela seja medida e avaliada dentro dos valores do parâmetro de tempo de funcionamento da linha ou das máquinas.

### 7.1 Disponibilidade de manutenção

Conforme Branco (2006,p.64) disponibilidade é a probabilidade de um equipamento ou sistema estar em condições disponíveis para produzir ou produzindo.

Disponibilidade serve para indicar a probabilidade de que uma maquina esteja disponível para produção. Assim, um valor de 0,95 ou de 95 por cento indica que em média a maquina esta em produção ou disponível para produzir em 95% do tempo considerado. (BRANCO, 2006, p, 64).

Para cálculo de disponibilidade em uma operação contínua segue abaixo formula para calculo conforme Branco (2006, p.66):

$$\text{DISP} = \text{TTOT} - \text{TRPT} / \text{TTOT}$$

**DISP** = Disponibilidade.

**TTOT** = Tempo total no período.

**TRPT** = Tempo de reparo total.

### 7.2 MTTR ou TMPR

Conforme Branco (2006, p.77) o MTTR ou TMPR é um índice que aponta a média dos tempos que a equipe de manutenção leva para repor a maquina em condições de operar desde a falha até o reparo ser dado como concluído e a maquina ser aceita nas condições de operar. Abaixo fórmula para calculo.

$$\text{TMPR} = \text{TRPT} / \text{N}$$

**TRPT** = Tempo de reparo total.

**N** = Numero de quebras por falha de manutenção.

### 7.3 MTBF ou TME

Conforme Branco (2006, p. 74) MTBF e TMEF é a média aritmética dos tempos de funcionamentos de máquinas, ou seja, da correção da falha até a próxima falha. Apontam-se como tempo de funcionamento todos os tempos de maquinas funcionando não importando o tipo de funcionamento.

Este índice serve para determinar as médias dos tempos de funcionamento de cada item reparável ou equipamento reparável entre uma falha e outra, ou seja, entre uma manutenção corretiva e manutenção e manutenção corretiva seguinte neste mesmo item ou equipamento.(BRANCO, 2006, p.74).

$$\text{TMEF} = \text{TOPT} / \text{N}$$

**TOPT** = Tempo de operação total.

**N** = Numero de quebras por falha de manutenção.

## 8 MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

A MCC técnica utilizada para garantir que qualquer equipamento continue operando em suas condições normais, determinando o que é preciso ser feito para assegurar a cumprir suas funções desejadas sem falhas por um período e tempo previsto em condições de operação esperado.

Estas características e objetivos devem ser perseguidos e objetivos através de um programa de manutenção que, simultaneamente, colete informações necessárias para melhoria da confiabilidade das desejadas. Destaque-se, entretanto, que não cabe este plano ou às funções da manutenção corrigir deficiências nos níveis inerentes de confiabilidade e segurança dos equipamentos e estruturas, mas apenas minimizar sua deterioração e restaurar aos níveis inerentes ao projeto, alterando às equipes de projeto quando estes níveis não atenderem aos requisitos dos usuários. (SIQUEIRA, 2014, p.359).

Diferente da manutenção tradicional, a MCC prioriza ao atendimento das necessidades do processo ou aplicação, em detrimento das necessidades próprias ou individuais dos itens, como mostra o Quadro 7.

Quadro 7 – Comparação da Manutenção Tradicional com a MCC

<b>Característica</b>	<b>Manutenção Tradicional</b>	<b>MCC</b>
Foco	Equipamento	Função
Objetivo	Manter equipamento	Preservar a função
Atuação	Componente	Sistema
Atividades	O que pode ser feito	O que deve ser feito
Dados	Pouca ênfase	Muita ênfase
Documentação	Reduzida	Obrigatória e sistemática
Metodologia	Empírica	Estruturada
Combate	Deterioração do Equipamento	Consequência das falhas
Normalização	Não	Sim
Priorização	Inexistente	Por função

Fonte: SIQUEIRA (2014, p.17)

### **7.1 A origem da Manutenção Centrada na Confiabilidade**

Entre as tecnologias contemporâneas de manutenção, a MCC ( Manutenção Centrada na Confiabilidade) tem expandido sua aplicação a praticamente todos os ramos de atividades humana, onde haja necessidade de manter o funcionamento de ativos físicos ou processos. Originária da indústria aeronáutica americana e adotada pelas indústrias nuclear e elétrica mundial, é hoje aplicada em muitos outros setores modernos da economia, inclusive o terciário e o de serviço.(SIQUEIRA, 2014).

A origem da manutenção Centrada na confiabilidade está relacionada aos processos tecnológicos e sociais que se desenvolvem após a Segunda Guerra Mundial. No campo tecnológico, foram decisivas as pesquisas iniciadas pela indústria bélica americana, seguidas pela automação industrial em escala mundial, viabilizadas pela evolução da informática e telecomunicações, presentes em todos os aspectos da sociedade atual. (SIQUEIRA, 2014,p.17.)

De acordo com Siqueira (2014) no campo social, este movimento resultou na dependência da sociedade contemporânea em relação aos métodos automáticos de produção. Sua dimensão atingiu níveis suficientes para afetar o meio ambiente e a própria segurança física dos seres humanos. Em paralelo, evoluiu a consciência mundial da importância da preservação dos recursos naturais, aliados a uma necessidade ascendente de garantia de segurança física. Na atualidade, exige-se que os processos de projeto de manutenção dos meios de produção não só atendam estes anseios, mas que sejam estruturados de forma transparente e auditável, permitindo a sociedade exercerem seu papel de promotora e fiscalizadora.

## 7.2 Aplicação da MCC

Para Siqueira (2014) os benefícios da MCC foram logo percebidos pela indústria elétrica e nuclear, devido às similaridades dos de segurança com a indústria aeronáutica. Já em 1981, dez anos após as interações iniciais da *United Airlines* com a Marinha Americana, a RCM foi adotada na manutenção de submarinos nucleares com mísseis balísticos, em especial os da serie *Trident* .

A MCC é uma metodologia em que seus conceitos e técnicas são empregadas a qualquer atividade independente da sua tecnologia, onde seja necessário assegurar as funções desejadas de processos ou ativos físicos.

Quando comparada a outras tecnologias , a MCC pode se considerar ainda em estagio de desenvolvimento incorporando novas técnicas de manutenção e monitoramento e, principalmente, absorvendo os métodos de otimização estatística, desenvolvidas pela Engenharia de Produção. . (SIQUEIRA, 2014, p.10).

De acordo com Siqueira (2014) os resultados favoráveis destes testes motivaram sua adoção crescente pelo setor elétrico mundial, expandindo-se para outros setores produtivos, entre eles a construção civil, a indústria química de refino e extração de petróleo, indústria de

gás, instalações de bombeamento, siderurgia, celulose, papel, alimentação, mineração, transporte e até hospitais. Recentemente noticiou-se sua aplicação na prevenção da ocorrência do chamado bug do milênio da informática.

## **7.2 Processo de implementação da Manutenção Centrada na Confiabilidade**

Para Siqueira (2014) implantar a MCC em uma empresa representa uma decisão estratégica, devendo constar dos objetivos e metas estabelecidos no planejamento empresarial da organização. Desta decisão decorrerão mudanças profundas na cultura e métodos utilizados na manutenção, conforme seja a abrangência desejada. Para que seja efetiva, deve ser acompanhada pela definição de níveis compatíveis de organização e alocação de responsabilidade.

Como em todo empreendimento de Engenharia, o sucesso da implementação da MCC depende não só da experiência prática e fundamentação teórica de seus processos mais também da adequabilidade dos meios organizacionais e de planejamento utilizados. Por ser uma metodologia bem estruturada exige-se um nível compatível de organização dos processos administrativos. (SIQUEIRA, 2014, p.359)

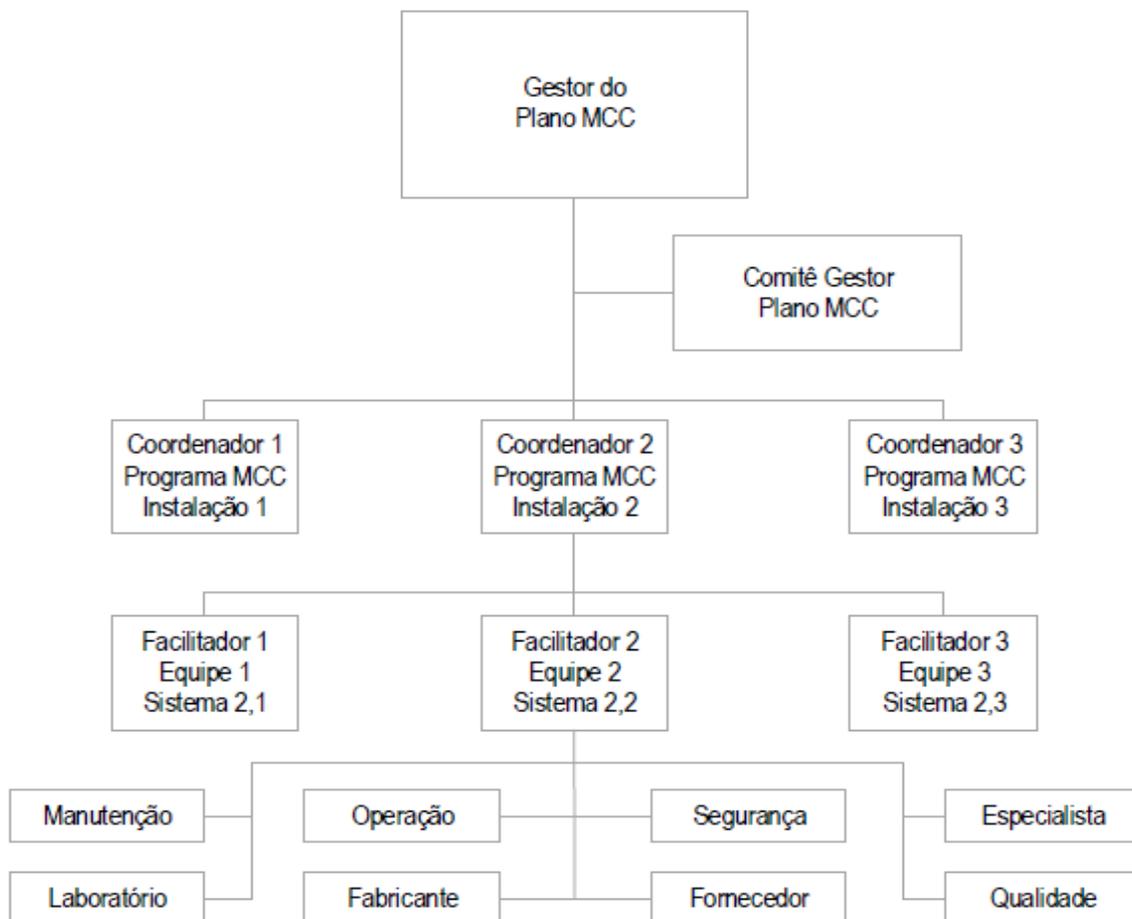
Além da contribuição na missão, objetivos e negócios da organização a implementação e uso da MCC devera constar como uma das diretrizes estratégicas da organização. Em especial, a análise do ambiente interno, deverá identificar se esta área constitui um dos pontos fortes da empresa, uma vez tomada a decisão os objetivos e metas deverão ser estabelecidos e acompanhados por indicadores e padrões de desempenho específico da manutenção.(SIQUEIRA, 2014).

O facilitador tem o objetivo de coordenar, organizar escopos dos trabalhos, reunir para reuniões e treinar métodos e procedimentos junto à equipe de MCC. A equipe de MCC tem o objetivo de preservar a função do sistema, identificar os modos de falha que influenciam tais funções, indicar a importância de cada falha funcional e definir tarefas preventivas em relação às falhas funcionais como mostra a FIG.8.

De acordo com Siqueira (2014) o grau de responsabilidade sugere sua subordinação à autoridade máxima da organização, responsável pela gestão dos ativos, manutenção e operação ou projeto das instalações.

A metodologia MCC exige, para sua implantação, o estabelecimento de níveis adequados de organização e responsabilidade, compatíveis com a complexidade e abrangência dos resultados almejados. Dependendo da dimensão da empresa, e do programa, será necessária a definição de uma estrutura hierárquica ou matricial de responsabilidades para sua condução. Nas grandes empresas, sugere-se a designação de um Gestor do Plano MCC, qual será assessorado por um Comitê Gestor do Plano MCC conforme ilustrado no diagrama organizacional da FIG. 8

Figura 8 – Estrutura Organizacional



Fonte: SIQUEIRA (2014, p.260)

Com as responsabilidades claramente definidas sobre vários aspectos, com as seguintes funções deverão ser identificadas, com as correspondentes responsabilidades;

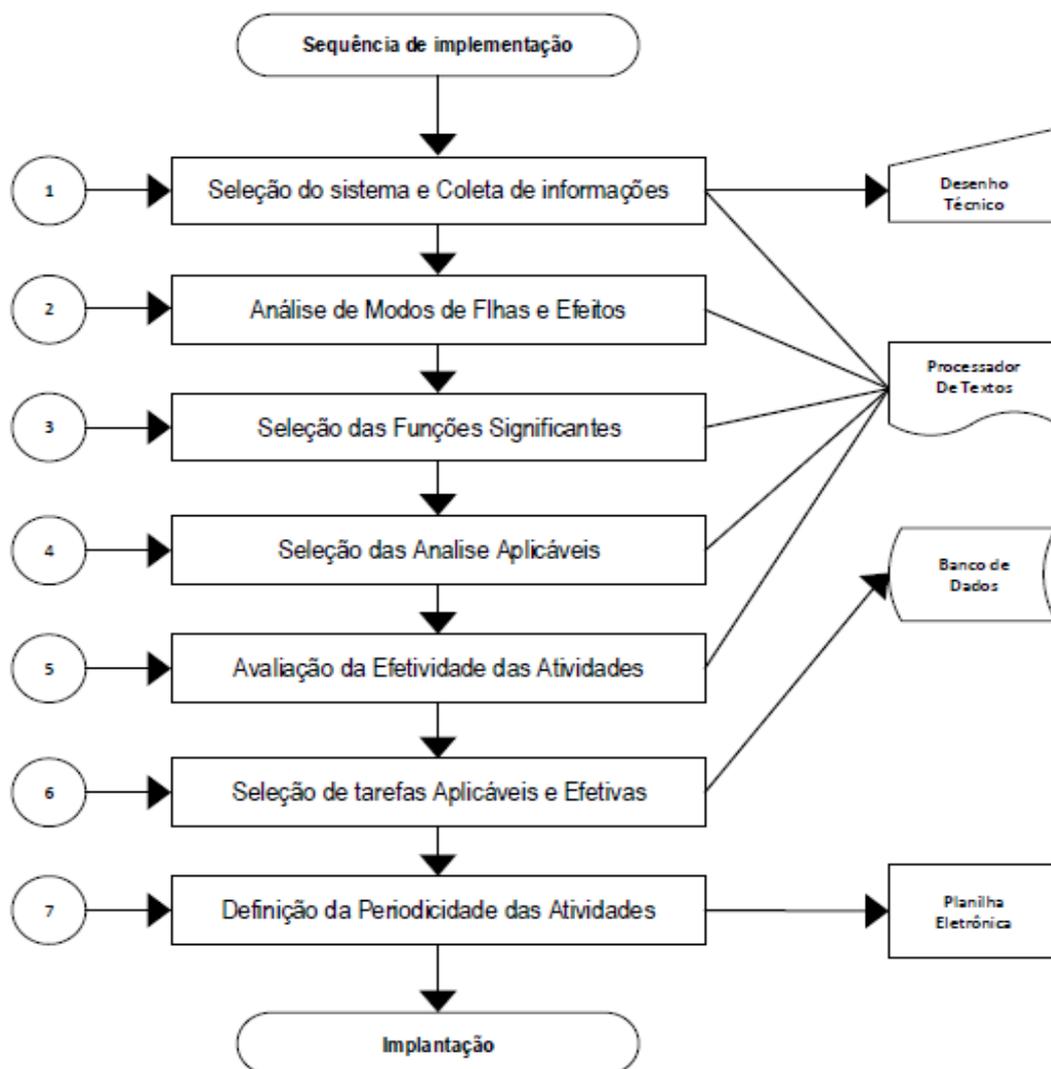
Gestor do plano – Escolhido ao nível da organização, define e viabiliza os recursos necessários ao plano e aprova o Escopo da Análise de cada Programa MCC.

Coordenador do Programa – Escolhido ao nível da instalação, define e viabiliza os recursos necessários em cada instalação e propõe o nível de abrangência da análise em cada sistema.

Facilitador de Equipe – Escolhido ao nível de cada sistema que será analisado, em uma instalação, conduz a equipe de análise MCC.

De acordo com Siqueira (2014) uma das características da MCC (Manutenção Centrada na Confiabilidade) é fornecer um método estruturado para selecionar as atividades de manutenção, para qualquer processo produtivo. O método é formado por um conjunto de passos bem definidos, os quais precisam ser seguidos em forma sequencial para responder às questões formuladas pela MCC e garantir resultados desejados, como mostra a FIG. 9.

Figura 9 – Automação de escritório



Fonte: SIQUEIRA (2014, p.279)

Com utilização de fontes de dados como FMEA, análise de engenharia e dados de campo, publicações técnicas e ferramentas da qualidade como 5W2H para elaboração de documentos e formulários consistentes com os padrões internacionais vigentes como a ISO, e com os requisitos documentais e organizacionais das normas da ISO 9000.

A partir de um plano de manutenção apresentado, com dados fornecidos pela MCC, junto com especificações das atividades de manutenção recomendada para cada ativo e modo de falha da instalação, para a frequência da execução do programa da manutenção.

Finalmente, a implementação de um projeto piloto da MCC consiste na escolha de uma pequena instalação onde será aplicada a metodologia, como teste e treinamento, antes de estender as demais instalações. Produz resultados imediatos, garantindo segurança no processo e avaliação da metodologia, mas demora longo tempo para expansão ao restante da empresa.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento desse estudo é de grande importância para o assessoramento da estrutura e seleção das atividades de manutenção, apresentando um modelo de implementação da metodologia MCC, consistente com os padrões internacionais vigentes relacionados a manutenção, e com requisitos documentais e organizacionais das normas da ISO 9000 uma metodologia em que seus conceitos e técnicas são empregadas a qualquer atividade independente da sua tecnologia, onde seja necessário assegurar as funções desejadas de processos ou ativos físicos.

Com criação de planos de manutenções apresentados, com dados fornecidos pela MCC, junto com especificações das atividades de manutenção recomendada para cada ativo e modo de falha da instalação, para a frequência da execução do programa da manutenção.

Diferente da manutenção tradicional, a MCC prioriza-se ao atendimento das necessidades do processo ou aplicação, em detrimento das utilidades próprias ou individuais dos itens, com programas de manutenção que, simultaneamente coletam informações necessárias para a melhoria da confiabilidade das funções desejadas.

De modo que a implementação e uso da MCC devesse constar como uma das diretrizes estratégicas da organização. Em especial, a análise do ambiente interno, deverá identificar se esta área constitui um dos pontos fortes da empresa, uma vez tomada a decisão os objetivos e metas deverão ser estabelecidos, e acompanhados por indicadores e padrões de desempenho específico da manutenção.

A MCC pode se considerar ainda em estágio de desenvolvimento, incorporando novas técnicas de manutenção e monitoramento e, principalmente, absorvendo os métodos modernos de otimização estatística, desenvolvida pela Engenharia de Produção.

A implementação de um projeto piloto da MCC consiste na escolha de uma pequena instalação onde será aplicada a metodologia, a título de teste e treinamento, antes de estender as demais instalações. Produz resultados imediatos, garantindo segurança no processo e avaliação da metodologia, mas demora longo tempo para expansão ao restante da empresa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANCO, Gil. **Indicadores e índices de manutenção**. Rio de Janeiro Ciência Moderna, 2006. 145 p.

\_\_\_\_\_. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008. 255 p.

\_\_\_\_\_. **Custos em manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2010. 143 p.

FABRO, Elton. **Modelo para planejamento de manutenção baseado em indicadores de criticidade de processos**. Florianópolis: Cortez, 2003.

FMEA (Failure Model and Effect Analysis). Disponível em: <[http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos\\_port/pag\\_conhec/FMEAv2.html](http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/FMEAv2.html)> Acesso em: 6 mar.2016.

KARDEC, A. NASCIF, J. **Manutenção função estratégica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando P. **Administração da produção**. 2.ed. São Paulo: Saraiva, 2005. p.562.

MIGUELANDO. **5W2H**. Disponível em: <http://www.miguelando.com/consultoria-online/5w2h>. Acesso em 23 jun.2016.

PALMEIRA, Jorge N; TENORIO , Fernando G. **Flexibilização organizacional aplicação de um modelode produtividade total**, Fgv 2002. 272p

PEREIRA, Mario Jorge da Silva. **Técnicas avançadas de manutenção**, Rio de Janeiro, Ciência Moderna Ltda, 2010. 80 p.

PIFFE, Vinicius S; **Vida útil e desempenho da Construções da ABNT= NBR 155 75/ 13**. Data de acesso: 12/12/2016.

PINTO, Alan K., XAVIER, Júlio A. N. **Manutenção Função Estratégica**, Rio de Janeiro, Qualitymarck Ed., 2001.

SILVA, Vanderlei. **Manutenção Produtiva Total-TPM. 2012 .TPM**. Disponível em: <http://producaoindustrialequalidade.blogspot.com.br/2011/05/tpm->. Acesso em 25 mar.2016.

SIQUEIRA, Iony Patriota. **Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação**, Rio de Janeiro, Qualitymarck, 2014.408 p.

VIANA, H. R. G. **PCM, Planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

