

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
Campus: Teresina Central
Curso: Engenharia Mecânica
Departamento de Indústria, Segurança e Produção Cultural

ITALO RUAN BEZERRA DE OLIVEIRA

**INTEGRAÇÃO ENTRE MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM) E
MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE (RCM).**

Teresina, 2020

ITALO RUAN BEZERRA DE OLIVEIRA

Trabalho de conclusão de curso apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma de graduação em Engenharia Mecânica no Instituto Federal do Piauí sob a orientação do professor mestre Gustavo Portela de Deus.

Teresina, 2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Oliveira, Italo Ruan Bezerra de
O48i Integração entre manutenção produtiva total (TPM) e manutenção centrada na confiabilidade (RCM) / Italo Ruan Bezerra de Oliveira. - 2020.
53 f.
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica)
- Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina Central, 2020.
Orientador : Prof. Me. Gustavo Portela de Deus.
1. Manutenção. 2. Perdas e Eficiência Global do Equipamento (OEE). 3. Manutenção Produtiva Total (TPM). I.Título.

CDD - 620

Elaborado por Sindya Santos Melo CRB 3/1085

ITALO RUAN BEZERRA DE OLIVEIRA

Trabalho de conclusão de curso apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma de graduação em Engenharia Mecânica no Instituto Federal do Piauí sob a orientação do professor mestre Gustavo Portela de Deus

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Gustavo Portela de Deus (Orientador)

Prof.Me. Edilson Rocha de Sousa (IFPI)

Prof.Me.Ricardo Cardoso Soares (IFPI)

Dedico este trabalho aos meus pais Cissinato e Irismar e ao meu irmão Cicinato, que sempre acreditaram em mim e sempre deram suporte necessário à minha educação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por minha saúde e por todas as oportunidades que estão sendo dadas a mim.

Aos meus pais e ao meu irmão, por todo o incentivo e apoio incondicional.

À minha namorada por estar sempre ao meu lado, incentivando e me dando forças para continuar.

Ao professor Gustavo Portela pela orientação, ensinamentos repassados e por estar sempre disposto a me ajudar.

E à todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

RESUMO

O cenário competitivo entre as indústrias desenvolveu várias metodologias globais e conceitos com o objetivo de serem os elementos norteadores de uma melhoria contínua. O seguinte trabalho de conclusão de curso tem como diretriz demonstrar a importância da Manutenção. Tem-se na área de manutenção industrial, uma grande quantidade de métodos, software, modelos e ferramentas de gestão disponíveis. Dentre eles, dois métodos se destacam: a RCM (Reliability Centered Maintenance ou Manutenção Centrada em Confiabilidade), de origem norte-americana, e a TPM (Total Productive Maintenance ou Manutenção Produtiva Total), de origem japonesa. A TPM promove a integração total entre homem, máquina e empresa, onde a manutenção dos meios de produção passa a constituir uma responsabilidade de todos. A utilização da TPM contempla a implementação de pilares de sustentação, sendo um deles, a manutenção planejada. Entretanto, a TPM não especifica a estratégia a ser adotada pela manutenção planejada. O RCM é uma metodologia lógica de procedimentos que objetiva estabelecer uma manutenção preditiva e preventiva para alcançar, de maneira efetiva e eficiente, os níveis de segurança e confiabilidade requeridas para cada equipamento. Considerando um ambiente com a TPM já implementada, o objetivo deste trabalho é a melhoria do pilar Manutenção Planejada da TPM através da utilização do RCM para nortear as estratégias de manutenção em empresas industriais.

Palavras-chaves: Manutenção. Perdas e Eficiência Global do Equipamento (OEE). Manutenção Produtiva Total (TPM)

ABSTRACT

The competitive scenario between industries has developed a number of global methodologies and concepts with the goal of guiding continuous improvement. The following course completion paper is intended to demonstrate the importance of Maintenance. In the area of industrial maintenance, there are a lot of methods, software, models and management tools available. Among them, two methods stand out: RCM (Reliability Centered Maintenance), of North American origin, and TPM (Total Productive Maintenance), of Japanese origin. TPM promotes total integration between man, machine and company, where the maintenance of the means of production becomes the responsibility of all. The use of TPM includes the implementation of support pillars, one of them being planned maintenance. However, TPM does not specify the strategy to be followed by planned maintenance. RCM is a logical procedure methodology that aims to establish predictive and preventive maintenance to effectively and efficiently achieve the required safety and reliability levels for each equipment. Considering an environment with TPM already implemented, the objective of this work is to improve the TPM Planned Maintenance pillar by using RCM to guide maintenance strategies in industrial companies.

Palavras-chaves: Maintenance. Losses and overall equipment efficiency (OEE). Total Productive Maintenance (TPM)

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

4M – *Material, Mão de Obra, Máquina, Método (Ishikawa).*

5W1H – *Who, What, Where, When, Which and How*

CBM – *Condition Based Maintenance*

EEM – *Early Equipment Management*

FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*

IDM – *Indicadores de Desempenho da Manutenção*

JIPM – *Japan Institute of Plant Maintenance*

JIT – *Just-In-Time*

MCM – *Manutenção de Classe Mundial*

MPT – *Manutenção Produtiva Total*

PCM – *Planejamento e Controle da Manutenção*

PDCA – *Plan, Do, Check, Action*

RCFA – *Root Cause Failure Analysis*

RCM – *Reliability Centered Maintenance*

SDCA – *Standardization, Do, Check, Action*

TBM – *Time Based Maintenance*

TPM – *Total Productive Maintenance*

TQC – *Total Quality Control*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -Posicionamento da manutenção até a década de 30	16
Figura 2 - Posicionamento da manutenção nas décadas de 30 e 40	17
Figura 3 - Divisão organizacional de manutenção.....	18
Figura 4 - Posição do PCM assessorando a supervisão geral de produção	19
Figura 5 - Gráfico de Pareto	35
Figura 7 - Ciclo PDCA	37
Figura 6 - O ciclo SDCA	38
Figura 8 - Principais passos do MASP	39
Figura 9 - Relação entre TPM e RCM	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - As seis grandes perdas dos equipamentos – JIPM.....	28
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	13
1.2	TEMAS E OBJETIVOS	14
1.3	PROBLEMA	15
1.4	PREMISSA.....	15
1.5	JUSTIFICATIVA	15
1.6	MÉTODOS DA PESQUISA.....	15
2	MANUTENÇÃO INDUSTRIAL.....	16
2.1	EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA MANUTENÇÃO.....	16
2.2	A FUNÇÃO DA MANUTENÇÃO	20
2.2.1	Manutenção preventiva	20
2.2.2	Manutenção corretiva.....	20
2.2.3	TPM - Manutenção Produtiva Total	21
2.3	5S COMO BASE PARA O TPM	23
2.3.1	Objetivos da manutenção produtiva total e definições.....	24
2.3.2	Perdas do sistema produtivo associadas ao TPM.....	26
2.3.3	Perda por parada accidental.....	26
2.3.4	Perda por parada durante a mudança da linha	26
2.3.5	Perda por operação em vazio ou por pequenas paradas.....	26
2.3.6	Perda por queda de velocidade.....	26
2.3.7	Perda por defeito no processo	27
2.3.8	Perda por defeito no início da produção	27
2.4	CONSOLIDAÇÃO DO MÉTODO PARA IMPLANTAÇÃO DO TPM	28
2.4.1	Análise de falhas	32
2.4.2	Ferramentas para analisar falhas e solucionar problemas	33
2.4.3	Análise 5W e 1H.....	33
2.4.4	Estratificação	34
2.4.5	Análise de causa e efeito – Diagrama de Ishikawa	35
2.4.6	Ciclo SDCA.....	36
2.4.7	Ciclo PDCA.....	37
2.4.8	MASP - Método de análise e solução de problemas.....	38

2.4.9	RCFA – Análise da causa raiz da falha	39
2.4.10	FMEA – Análise dos modos e efeitos de falha	40
2.4.11	Seleção da área piloto	40
2.4.12	Matriz SCS – Sintoma causa e solução	41
2.5	MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE	41
2.5.1	Questões básicas da RCM	43
2.5.2	Etapas de implantação da RCM	44
2.6	ANÁLISE: TPM X RCM	46
2.6.1	Descrição da pesquisa	46
2.6.2	Descrição de análise	46
2.7	TPM E RCM integradas	48
2.7.1	Treinamento e educação	49
3	CONCLUSÃO	50
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	52

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A indispensabilidade constante de resultados cada vez melhores e uma rivalidade crescente, acelerada pelo processo de globalização, desperta, a todo o momento nas empresas, a necessidade de garantir sua subsistência numa conjuntura cada vez mais complexa. A flexibilização das organizações e um planejamento estratégico tornaram-se fundamentais para construir uma base empresarial sólida.

Dessa maneira, as empresas começaram a atentar-se em limitar os custos desempenhados em seus produtos para assim tentarem garantir sua concorrência no mercado.

Tais mudanças instigaram alterações nos negócios e na estratégia de manufatura (VOKURKA et al, 2000). Para que as empresas possam perdurar dentro deste ambiente, têm de atentar para os três principais imperativos estratégicos, quais sejam, baixo custo, alta qualidade, e maior eficiência de resposta. Como consequência, as empresas focaram-se na redução do tempo de ciclo e na resposta dos trade-offs entre agilidade e eficiência. Uma das técnicas usadas para sanar os trade-offs entre qualidade, eficiência de custos e tempo de ciclos mais curtos é o just-in-time (AQUILANO et al., 1995).

No just-in-time (JIT), em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem atingem a linha de montagem no momento em que são fundamentais e somente na quantidade necessária. O JIT, juntamente com a automação, compõe os dois pilares básicos do Sistema Toyota de Produção (OHNO, 1997; GHINATO, 1996). Segundo Ohno (1997), para produzir usando o JIT, os métodos padronizados de gestão não funcionam bem. Quando Ohno (1997) refere-se a métodos convencionais de gestão, podem-se incluir os métodos convencionais de manutenção, uma vez que os estoques mínimos entre processos não são suficientes para absorver paradas por quebras que afetariam a sincronização da produção. Além disto, o desempenho de uma máquina sob condições precárias acrescentaria o risco de geração de produtos com defeito, o que também afetaria o fluxo de produção (GHINATO, 1996)

No início dos anos 70, surgiu no Japão a TPM (Total Productive Maintenance ou Manutenção Produtiva Total) como uma opção à tradicional manutenção corretiva, adaptando-se sublimemente às exigências de disponibilidade integral das máquinas nos sistemas de produção sem estoques. Segundo Nakajima (1993) e Takahashi (1993), pode-se dizer que, sem a TPM, o Sistema Toyota de Produção (STP) não pode funcionar. A celeridade com que as empresas japonesas instituíram a TPM confirma a relevância desta no STP. Ainda, segundo Suzaki¹ apud Bamber et al. (2000) a TPM é vista como parte fundamental em qualquer sistema manufatura JIT e essencial para o sucesso.

A TPM representa uma forma de revolução e de inovação, pois promove a integração total entre homem, máquina e empresa. A manutenção dos meios de produção passa, então, a envolver a preocupação e a ação de todos (NAKAJIMA, 1993).

1.2 TEMAS E OBJETIVOS

Os temas deste trabalho de conclusão são o TPM – Total Productive Maintenance e o RCM – Reliability Centered Maintenance. Importantes na esfera da gestão de negócios, uma vez que estes programas têm como objetivo potencializar o rendimento e os resultados da empresa.

Através de grupos de trabalho o TPM desenvolve o curso de vida do equipamento e abstrai sistematicamente os déficits dos processos. Abrange a todos os departamentos, criando uma logística de trabalho que tem como objetivo evitar a repetição de problemas.

O propósito do trabalho é comprovar a relevância da manutenção e, em especial, apresentar um estudo teórico sobre a aplicação da RCM num ambiente organizacional gerenciado pela TPM.

1.3 PROBLEMA

A consequência do aumento pela procura de manutenção em relação à questão industrial traz o grande impedimento de melhorias da qualidade nos serviços de reparos em máquinas e de obter-se um pessoal treinado e qualificado para executar um serviço que não necessite de retrabalho.

1.4 PREMISSA

Anseia-se por meio de pesquisas bibliográficas, mostrar a importância da administração da manutenção e suas técnicas em relação à Manutenção Produtiva Total e à Manutenção Centrada na Confiabilidade, realizar o comparativo entre essas técnicas. Como argumento verificar as relações entre elas e o auxílio que essas formas de trabalho podem trazer como suporte ao setor produtivo.

1.5 JUSTIFICATIVA

Por meio das técnicas de Gestão da Manutenção é executável avaliar e alterar as causas de ocorrências de diversos tipos de falhas, paneis ou danos ao maquinário em geral em uma indústria realizando-se o uso de um programa de gerenciamento, atribui-se a possibilidade de melhorias no setor industrial, por meio da interação e compromisso dos setores envolvidos ao processo produtivo, possibilitando e tornando simples as interferências em relação à manutenção.

1.6 MÉTODOS DA PESQUISA

Pesquisa bibliográfica, avaliativa, descritiva. Procura conhecer com maior precisão possível, a frequência com que um fenômeno ocorre, sua relação e conexão com outros, sua natureza e característica.

2 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

2.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA MANUTENÇÃO

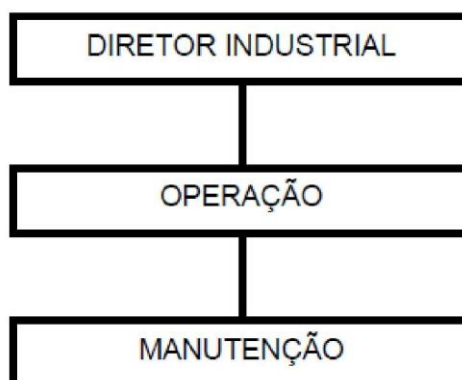
No desenrolar da segunda revolução industrial (1840/1895), despertou o cuidado de estar mecanizando o trabalho através de melhorias mecânicas e outras tecnológicas, gerando um aumento da produtividade e uma redução de custos.

No final do século XIX, apareceram as primeiras melhorias feitas pelos trabalhadores em decorrência da ausência de uma equipe especializada em efetuar atividades de manutenção, em razão disso era indispensável o engajamento dos operários junto ao trabalho de conserto do maquinário.

Com o fim da Primeira Guerra Mundial, as fábricas foram obrigadas a reduzir a produção e criar equipes capacitadas para desempenhar atividades de manutenção para que fosse possível efetuar restauros no mais curto espaço de tempo, tendo origem, então, um órgão suplementar à produção, do qual o intuito básico era o de provê-lo com serviços de manutenção.

Nesta época, surge então, segundo Xavier (1999), a Primeira Geração da Manutenção, onde prevalecia a manutenção corretiva. Desta forma, ocorreu uma mudança no organograma das empresas com a incorporação de um departamento encarregado de assegurar o funcionamento dos equipamentos, mantendo-se assim, segundo Tavares (1996), até a década de 30.

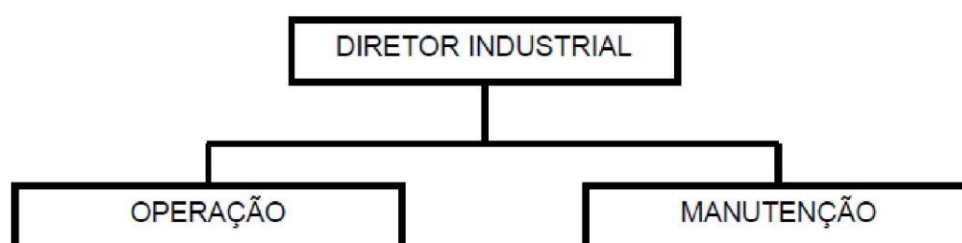
Figura 1 -Posicionamento da manutenção até a década de 30



Fonte: TAVARES (1996)

Posteriormente a esse período, com decurso da Segunda Guerra Mundial, a necessidade de aumentar a velocidade da produção e, também, a preocupação em evitar que falhas ocorressem, mostrou-se indispensável, dando início à Segunda Geração da Manutenção, na qual predominava as Manutenções Preventivas, reorganizando-se mais uma vez, o organograma das empresas segundo Tavares (1996) e Pinto; Xavier (1999), como mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Posicionamento da manutenção nas décadas de 30 e 40.

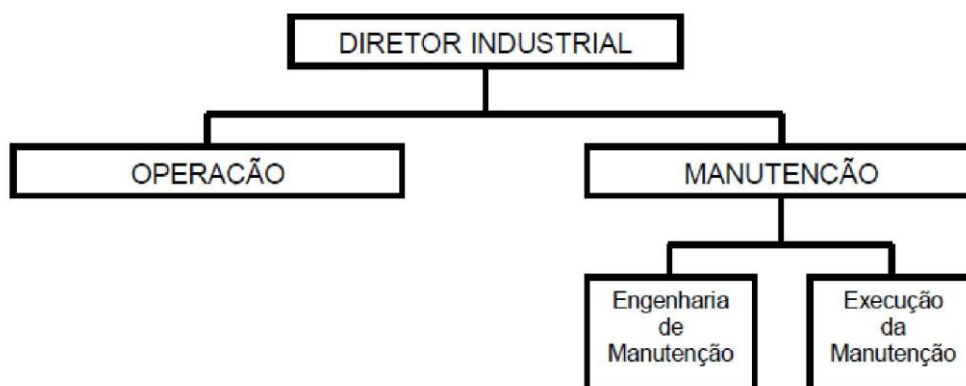


Fonte: TAVARES (1996)

Na década de 50, pós-guerra, os valores socioeconômicos vivenciaram grandes reestruturações após as dificuldades e obstáculos de consumo impostas pela Segunda Guerra Mundial (1939-1945).

Existiu nessa mesma época, a evolução da indústria, especialmente a de aviação comercial e a eletrônica. Esse avanço fez com que os gestores se impacientassem com o tempo empregue para determinar as falhas, que era maior que o tempo gasto no cumprimento do reparo. Para satisfazer essa deficiência, segundo Tavares (1996), foi preciso gerar uma equipe para controle dos serviços e para trabalhar no planejamento, denominada Engenharia de Manutenção. Nesse período, aconteceu mais uma vez a reformulação do cronograma, como mostrada na Figura 3.

Figura 3 - Divisão organizacional de manutenção



Fonte: TAVARES (1996)

Outro marco foi o surgimento da função de estratégia, nos anos 60, que aparece para preencher o lugar dos obsoletos projetos, que procuravam resultados de médio a longo prazo.

Já a partir de 1966, com a Engenharia de Manutenção já firmada e com a chegada dos computadores apareceu a ideia de estar fazendo o controle da manutenção utilizando essas novas máquinas. Com esse equipamento contribuindo com a manutenção, a engenharia de manutenção passa a determinar critérios de falhas de modo a proporcionar uma antecipação de quando a falha poderia estar ocorrendo.

A Terceira Geração de Manutenção começa na década de 70, justamente com o surgimento do Planejamento Estratégico como recurso organizado para determinar as futuras atividades. Tem início, ainda, o uso de alguns métodos de gestão como, por exemplo, JI TQC – *Total Quality Control*, T - *Just-in-time*, TPM – *Total Productive Maintenance*, etc., fortalecendo o conceito de manutenção preditiva. Nessa geração, se destacam, ainda, as concepções de disponibilidade e confiabilidade.

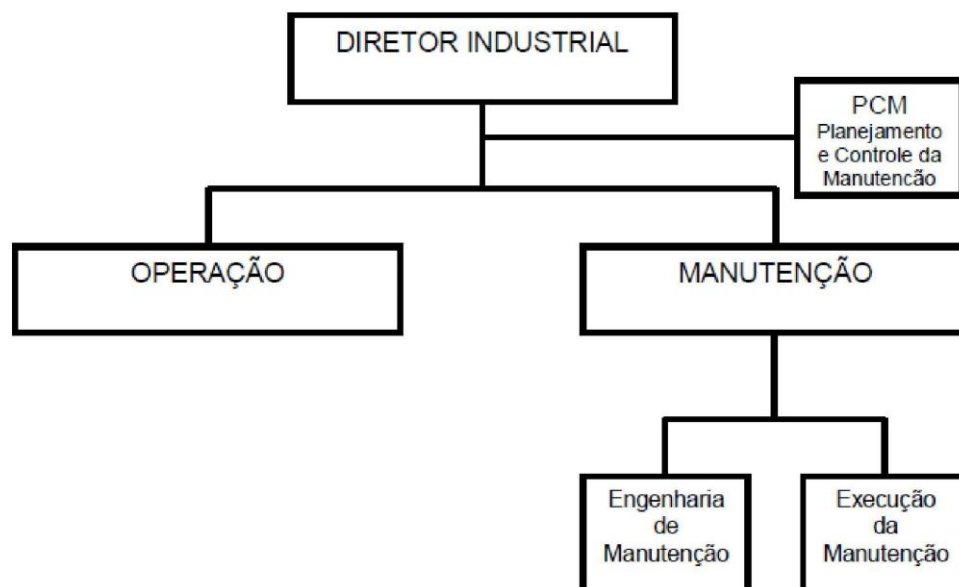
Chega, então, através do JIPM – *Japan Institute of Plant Maintenance*, nesta década, a estrutura do TPM – *Total Productive Maintenance*, com cinco objetivos básicos:

- Potencialização da eficiência global dos equipamentos;
- Transformar a TPM em um movimento aspirando à motivação gerencial, por meio do desenvolvimento de atividades autônomas de melhoramento por pequenos grupos.
- Comprometimento eficiente de todos os funcionários, desde a alta gerência, até os trabalhadores de chão de fábrica;
- Elaboração de um sistema de manutenção produtiva que considere toda a vida útil do equipamento;
- Envolvimento de todos os departamentos na implantação da TPM;

Surge também, nesse mesmo período, o início do PCM – Planejamento e Controle da Manutenção, para trabalhar dentro da Engenharia de Manutenção, com o dever de desenvolver, analisa e programar os resultados dos SAM – Sistemas Automatizados de Manutenção.

Na década de 80, o PCM – Planejamento e Controle da Manutenção passam a constituir um órgão de assistência à inspeção geral de produção, passa também a ter influência na área de operação e seu posicionamento organizacional é mudado.

Figura 4 - Posição do PCM assessorando a supervisão geral de produção



Fonte: TAVARES (1996)

No final da década de 80, as empresas começam a reconhecer as reivindicações dos clientes e, para satisfazer as exigências de mercado, sentem o dever de diminuir os custos, garantir a qualidade e cumprir os prazos de entrega.

Dessa maneira, a manutenção passa a ser um componente importante do desempenho produtivo, objetivando o acréscimo da disponibilidade dos equipamentos e da confiabilidade.

2.2 A FUNÇÃO DA MANUTENÇÃO

2.2.1 Manutenção preventiva

Segundo Baroncelli (1999) a Manutenção Preventiva se aponta em dois modelos básicos sendo CBM (*Conditions Based Maintenance*) – Manutenção Baseada em Condições e TBM (*Time Based Maintenance*) – Manutenção Baseada no Tempo. Dentro da CBM, pode ser separada em Manutenção Preditiva e Manutenção Inspectiva, mais popularmente conhecida como inspeção periódica. Não há uma concordância quanto a estes modelos.

A TBM é apoiada na troca de peças após atingir um tempo de vida útil pré-determinado, alivando as condições deste. Segundo Pinto; Xavier (1999) TBM é a execução de forma a restringir ou evitar a falha ou queda no desempenho, seguindo a um plano previamente criado, fundamentado em intervalos definidos de tempo.

A CBM demonstra o acompanhamento do tempo de vida do componente até surgirem indícios de sua morte. Tal acompanhamento poderá ser feito através da análise de um espectro de vibração, análise termográfica ou apenas usando as competências dos operadores.

2.2.2 Manutenção corretiva

As Manutenções Corretivas são aquelas executadas após o acontecimento da falha, isto é, efetuadas como uma reação à ação da falha.

Tem sido um grande desafio a ser superado por três motivos: manutenção incorreta, negligência e falta de capacitação técnica.

É uma atividade de manutenção realizada para superar falhas ou danos encontrados durante o período de manutenção preventiva, se essa estratégia de manutenção for utilizada como a principal, existirá um grande impacto nas atividades de manutenção não planejadas e do estoque de peças de reposição.

2.2.3 TPM - Manutenção Produtiva Total

A TPM teve origem no Japão em torno de 1971, efeito do empenho de empresas japonesas em aperfeiçoar as atividades de manutenção, principiado na década de 1950, após a segunda guerra mundial.

É um método que abrange todo o ciclo de vida útil da máquina e do equipamento requerendo a atuação de todos os níveis hierárquicos da empresa. O vínculo da motivação é o trabalho em equipe.

A ideia “manutenção” para a TPM é preservar a máxima produtividade, conservar o andamento dos aperfeiçoamentos, das modificações e das transformações. A TPM segundo Cotrim (2002), visa à otimização da eficiência funcional das máquinas, eliminando as “seis grandes perdas:”.

- Perda por defeito ou retrabalho;
- Perda por queda de velocidade de produção;
- Perda durante a mudança de linha;
- Perda por parada acidental devido à quebra;
- Perda por parada temporária ou operação em vazio;
- Perda por defeito no reinício de produção.

É um instrumento de mudança do modo de enfrentar os problemas. À proporção que as pessoas se modificam, os equipamentos e as instalações também se modificam. O mesmo desenvolvimento do 5S gera um ambiente que favorece as mudanças. Dunn (1996) acredita na existência de seis alavancas de mudanças sendo: clientes, produtos e mercado, processos de negócios, pessoas e cultura, estrutura organizacional e tecnologia.

- “Clientes: serão capazes de incluir diferenças na direção da função de manutenção.”

- “Produtos e Mercado: com o foco voltado aos clientes, pode ser complementado por mudanças no escopo e variedades no provimento de serviços de manutenção.”
- “Processos de negócios: é um intervalo entre o processo atual de manutenção e o caminho que será percorrido para operar no futuro para fornecer serviços de melhor qualidade para a organização.”
- Pessoas e Cultura: é o indicador diário concernente ao formato de negociação e a identificação da equipe no contexto manutenção.
- Organização: é uma provável existência de oportunidades de melhorias entre a estrutura organizacional e sua estrutura para o futuro.
- Tecnologia: esta poderá revelar as lacunas entre as informações tecnológicas atuais e que necessitam permanecerem competitivas no futuro, podendo resultar na escolha do Sistema Computadorizado de Administração da Manutenção.

A TPM é um método de longo prazo voltado ao aumento da produtividade das unidades industriais, juntando esforços na qualidade e diminuição dos custos de produção. A TPM concordada com diversas outras iniciativas de negócios, englobando a visão para o futuro, poderá ser a única rota para preparar a organização para a competitividade.

Segundo Azevedo (2001), a TPM não deve ser encarada como um método a mais de manutenção ou de operação, mas, sim, uma prática que visa melhorar o consumo dos ativos industriais, isto é, designada a aperfeiçoar e potencializar o retorno dos investimentos nos ativos. Evidencia que além dos objetivos de melhoria da produção, a TPM trouxe à manutenção e à produção uma forte proposta de mudança cultural.

Antunes (2001) da mesma forma faz algumas observações a respeito da interpretação do significado de Manutenção Produtiva Total, demonstrando que manutenção autônoma é uma parte da TPM onde muitas atividades de manutenção podem ser executadas pelos operadores das máquinas. Como por exemplo, limpeza das medidas contra as fontes de sujeira das máquinas, procedimentos básicos de hidráulica, lubrificação, pneumática, eletrônica e eletricidade.

2.3 5S COMO BASE PARA O TPM

Oliveira; Lima (2002) define que , o programa 5S é uma coleção de cinco atividades que estabelecem nos funcionários uma cultura de autodisciplina em organização, limpeza e padronização. Prepara-os para a associação das atividades de manutenção com as de produção, aprimorando o senso crítico de cada um, tornando-os sensíveis a não aceitar a desorganização e trabalhos mal finalizados, proporcionando o entendimento de propriedade sobre o equipamento.

Segundo Ribeiro (1999), os cinco sentidos são:

- *SHITSUKE*, senso de Disciplina, Autodisciplina, Autocontrole e Respeito: tem por objetivo alcançar a valorização do ser humano, desenvolver o espírito de equipe, a sinergia entre as pessoas, o amor, a cooperação, a honestidade, a humildade, a liberdade, o respeito, a responsabilidade, a simplicidade e a tolerância.
- *SEIRI*, senso de Utilização, Seleção, Descarte, Classificação e Organização: tem por objetivo reduzir ou até eliminar o desperdício e melhorar a utilização de espaços e materiais.
- *SEITON*, senso de Ordenação, Arrumação, Layout e Organização: tem por objetivo reduzir o tempo e os desgastes físicos e mentais no acessar aquilo que se deseja.
- *SEIKETSU*, senso de Asseio, Saúde, Higiene, Padronização e Sistematização: tem por objetivo manter as melhorias alcançadas pelos três primeiros sentidos, criando um círculo de melhoria contínua.
- *SEISO*, senso de Limpeza, Inspeção e Zelo: tem por objetivo melhorar a saúde e aumentar a vida útil dos equipamentos e instalações físicas, reduzindo a deterioração acelerada.

Takasan apud Ribeiro (2001) considera que o 5S é o grande princípio. Deve ser o ponto de partida para todo o processo de Qualidade Total, dando vantagem competitiva às empresas que o aderirem como primeiro passo rumo ao TPM.

Segundo Ribeiro (1999), as literaturas clássicas que falam do 5S, apresentam o assunto como um processo do Pilar de Manutenção Autônoma da TPM. No Brasil e em empresas que têm sérios impasses de ordem de conduta e cultural, o 5S deve ser abordado como base para mudança de hábitos, comportamentos e valores das pessoas, ocasionando uma preparação ambiental adequada à introdução da TPM.

Fielding (2000) acredita que o 5S evidencia: organização, ordenação, pureza, limpeza e disciplina, os quais são os princípios básicos do gerenciamento operacional japonês. No ponto de vista de Takahashi; Osada (1993), as práticas do 5S são a base para todas as atividades da fábrica e o começo das atividades espontâneas.

2.3.1 Objetivos da manutenção produtiva total e definições

O TPM veio apoiar o Sistema de Produção Enxuta e colaborou para a diminuição das perdas de produção e redução do estoque de peças e equipamentos para máquinas encarregadas pela produção em si, segundo o *Japan Institute Plant of Maintenance* (JIPM, 2008).

O progresso do TPM é feito mediante frentes de gestão ou pilares, elaborados pelo JIPM, que são:

- 1) Manutenção Autônoma;
- 2) Manutenção Planejada;
- 3) Melhorias Específicas;
- 4) Educação e Treinamento;
- 5) Controle Inicial;
- 6) Manutenção da Qualidade;
- 7) TPM *Office*;
- 8) Segurança, Saúde e Meio Ambiente.

A TPM possui a finalidade de ampliar a disponibilidade de máquinas, por meio da combinação de um cuidado programado do operador com o equipamento, a uma manutenção planejada realizada da indústria.

A Manutenção Produtiva Total (TPM) consegue ser explicada como um sistema de comando para administração das operações de manutenção em indústria, em que existe uma associação entre pessoas e equipamentos. É uma filosofia e um conjunto de práticas e técnicas que foram criadas na indústria japonesa e designadas a potencializar a eficácia dos processos e equipamentos, não se destinando apenas para a manutenção dos equipamentos, mas igualmente para todas as particularidades relacionadas à sua instalação e funcionamento e sua

ideia principal está na motivação e no enriquecimento das pessoas que trabalham dentro de uma companhia. (UBQ, 2008)

Segundo o JIPM-S, Manutenção Produtiva Total: (...) é uma configuração de gerenciamento que almeja a extinção contínua das perdas, alcançando a evolução durável da estrutura pelo contínuo aprimoramento das pessoas, dos meios de produção e da qualidade dos produtos e serviços. Por conseguinte, o melhor significado para TPM passa a ser *Total Productive Maintenance*, *Total Productive Manufacturing*, ou ainda *Total Productive Management*. (JIPM-S, 2005).

As melhores definições para TPM, conforme o material da *ADVANCED CONSULTING E TRAINING* (2001) são as três visões que uma organização pode optar em ter, quais sejam:

- 1) *Total Productive Maintenance* – Nível de implementação em que o foco é o gerenciamento da manutenção de equipamentos;
- 2) *Total Productive Manufacturing* – Nível de implementação em que o foco, além do gerenciamento da manutenção de equipamento, objetiva todo o sistema de gerenciamento do chão de fábrica;
- 3) *Total Productive Management* – Neste nível o objetivo é que, a partir do gerenciamento da manutenção de equipamentos, se possa adotar um sistema de gerenciamento em todos os setores de uma empresa. De acordo com o JIPM, instituto responsável por publicar e premiar as melhores práticas da Manutenção Produtiva Total, os 5 (cinco) objetivos principais, que definem TPM, são:
 - Usar pequenos grupos de trabalhos, com o propósito de efetivar a melhoria contínua para obter a meta zero.
 - Envolvimento de todos os níveis de funcionários;
 - Comprometimento de todos os setores da empresa na implantação do TPM, até desenvolvimento de produto, vendas, administrativo e marketing;
 - Diminuir todos os tipos de perdas, com o objetivo de zero acidentes, avarias e defeitos em todo o sistema de produção;
 - Maximizar a eficácia do sistema de produção;

2.3.2 Perdas do sistema produtivo associadas ao TPM

Nakajima (1989) evidenciou seis grandes perdas responsáveis pela redução do rendimento operacional global dos equipamentos e que são o foco da aplicação da TPM. Este grupo de perdas é um entendimento particular ou desdobramento das sete grandes perdas do STP (Sistema Toyota de Produção), definidas por Ohno (1997). As seis perdas da TPM, citadas por Nakajima (1989), são:

2.3.3 Perda por parada accidental

As perdas por parada accidental podem ser separadas em dois tipos: perda total da capacidade, na qual a máquina quebra e não opera mais, e perda parcial de capacidade, quando o desgaste do equipamento começa a reduzir as condições originais da máquina.

2.3.4 Perda por parada durante a mudança da linha

Essa perda aparece sempre que ocorre uma mudança de produto na linha. São as perdas que tem origem quando um equipamento é usado para produzir vários produtos e, a cada alteração de produtos, precisar de regulagens e ajustes.

2.3.5 Perda por operação em vazio ou por pequenas paradas

É a parada rápida resultante de um problema qualquer que não dá existência às quebras. São as interrupções relacionadas aos controles que existem no equipamento e que bloqueiam seu funcionamento. Normalmente, com a interferência do operador, basta dar reinício ao ciclo e a máquina volta a funcionar normalmente.

2.3.6 Perda por queda de velocidade

Essa perda acontece quando se verifica a diminuição da velocidade normal de trabalho causada por problemas mecânicos, problemas associados à qualidade ou a outros fatores que forçam a produzir com velocidade reduzida.

2.3.7 Perda por defeito no processo

Alcança todas as operações relativas a retrabalhos ou à eliminação de produtos com defeitos gerados ao longo do processo de fabricação.

2.3.8 Perda por defeito no início da produção

Esse tipo de perda é também denominado de perda para entrada em regime de produção. Pode ser visto como o tempo despendido para que a produção comece o processo normal e pode ser acarretada pela instabilidade da própria operação, por ferramentas impróprias, problemas de comando técnico do operador, carência de manutenção, ou falta de matérias-primas.

O JIPM (Japan institute of Plant Maintenance) cita 11 novas perdas em junção às demais descritas acima, totalizando 17 grandes perdas (COUSSEAU, 2003). São elas: (i) perdas por falhas administrativas; (ii) perdas por paradas curtas; (iii) perdas por manutenção planejada ; (iv) perdas por falhas operacionais; (v) perdas por desorganização; (vi) perdas de logística; (vii) perdas de rendimento; (viii) perdas por espera; (ix) perdas de energia; (x) perdas de eficiência de matrizes e gabaritos; e (xi) perdas de utilização da mão-de-obra.

O segundo ponto para melhoramento dos equipamentos, citado por Nakajima (1989), é a preparação do LCC de novos equipamentos. De acordo com Branco Filho (2000) o LCC descreve o custo total de um item, equipamento, peça ou componente ao longo de sua vida, contendo as despesas de aquisição, testes, montagem, operação, manutenção, upgrades, modificação, remoção e alienação.

Quadro 1 - As seis grandes perdas dos equipamentos – JIPM.

As 6 Grandes Perdas	Causa da Perda	Influência
1. - Quebras	Perda por paralisação	Tempo de operação
2. - Mudança de linha		
3. - Operação em vazio e pequenas paradas	Perda por queda de velocidade	Tempo efetivo de operação
4. - Velocidade reduzida em relação à nominal		
5. - Defeitos de produção	Perda por defeitos	Tempo efetivo de produção
6. - Queda de rendimento		

Fonte: Pinto e Xavier (2001, p.182)

2.4 CONSOLIDAÇÃO DO MÉTODO PARA IMPLANTAÇÃO DO TPM

O programa TPM costuma ser aplicado em quatro fases (preparação, introdução, implantação e consolidação) que podem dividir-se em 12 passos. Cada passo necessita ser efetuado de maneira clara e sucinta, para possibilitar uma implantação sistêmica do programa (SUZUKI, 1993; BOHORIS et al., 1995).

Os passos de 1 a 5 são tidos como fase de preparação. É considerável executar uma preparação cautelosa do programa, para evitar alterações e reparações no decorrer da sua implantação. A fase de preparação tem início com o anúncio, por parte da alta administração, da decisão de implantar o TPM e se finda quando se formular o plano mestre de desenvolvimento do TPM (NAKAJIMA, 1989).

Passo 1: Declaração da alta administração da decisão da implantação do TPM

Todos os funcionários precisam entender o porquê da introdução do programa TPM na empresa e estarem cientes: (i) da indispensabilidade de implantação do programa e (ii) das metas que precisarão ser atingidas. A alta administração deve comunicar a decisão de adoção do TPM em uma reunião interna, onde a participação dos diretores é substancial. A etapa de preparação inicia-se com esse anúncio formal (BOHORIS et al., 1995).

Passo 2: Campanha para divulgação e treinamento do TPM

Antes de pôr em prática o programa TPM, é necessário entender o conceito, os objetivos desejados com a adesão ao programa e a filosofia. É indispensável que os funcionários diretivos da empresa sejam os primeiros a se instruírem, para que entendam e acompanhem a implantação. O treinamento inicial deve ser criado e direcionado aos diferentes níveis da empresa, orientando o programa de treinamento de forma clara, ajustando-o aos diferentes níveis hierárquicos (SHIROSE, 1992).

Passo 3: Estruturação do gerenciamento do TPM

O passo 3 representa a geração de uma estrutura de organização e promoção do programa TPM. Esta estrutura deve ser desenvolvida por pessoas de dedicação plena e integral. Entre as tarefas que a compõe tem-se: coordenar a implantação do programa, administrar temas de melhorias específicas, e auxiliar a gestão da manutenção autônoma e as melhorias individuais (SUZUKI, 1993).

É de suma importância gerar uma estrutura de pequenos grupos onde os mesmos tenham interligação vertical e horizontal na hierarquia da organização. Os líderes dos grupos sempre fazem parte do grupo do nível adjacente. Este sistema é efetivo para repartir os objetivos e as políticas da alta administração para toda a organização.

Nesta etapa é estabelecida a máquina modelo e/ou equipamento. Este processo é significativo para a reaplicação horizontal do programa, uma vez que ele servirá de modelo para todos os outros equipamentos na implantação. A seleção do equipamento modelo varia de empresa para empresa. Itens como perdas, gargalo de produção e grandes índices de sobras são características que devem ser levadas em conta na seleção.

Passo 4: Estabelecer políticas e objetivos básicos

A quarta etapa para implantação do TPM diz respeito a formação das políticas básicas e a determinação dos objetivos a serem atingidos. Para isso, o programa TPM deve estar claro no planejamento estratégico da organização, tornando evidente sua função no desenvolvimento da empresa.

Passo 5: Plano mestre TPM

O programa TPM precisa ter um plano de implementação onde necessitam estarem incluídas todas as fases. O objetivo é determinar de modo preciso um cronograma de prazos para o cumprimento das etapas, assim como verificar o

cumprimento de metas parciais. A organização de incremento do TPM tem como função originar e acompanhar as atividades neste plano mestre.

A fase de inserção do TPM é feita somente após o plano mestre ter sido acatado pela alta administração da empresa. A relevância de uma boa preparação na fase inicial começará a ser mostrada a partir do passo 6 (SUZUKI, 1993).

Passo 6: Início do programa TPM

Este passo trata-se de uma reunião onde são convidados a participar todos os funcionários, clientes e fornecedores. Nesta reunião, é preciso mais uma vez expor o conceito, a filosofia e os objetivos do programa TPM. A administração deve ratificar o compromisso com a implantação do TPM, destacando as políticas e metas a serem atingidas.

Ao longo da fase de implantação, são executadas as atividades escolhidas para alcançar os objetivos do plano mestre. Os passos de 7 a 11 são fundamentais para cumprimento do plano mestre (SUZUKI, 1993)

Passo 7: Estabelecimento dos pilares básicos

Os 4 pilares básicos para implantação do passo 7 são: manutenção planejada, manutenção autônoma, melhorias individuais e capacitação e treinamento. O pilar de melhoria individual tem o propósito de introduzir uma sistemática de melhoramento para opor-se as 6 grandes perdas. Ela é feita por meio da promoção de atividades de equipe em pequenos grupos, que são praticadas no próprio local de trabalho (SHIROSE, 1995).

A manutenção planejada deve ser implantada com o objetivo de trabalhar em três formas de manutenção: manutenção corretiva, manutenção planejada e manutenção preditiva. O intuito da implantação da manutenção programada é a prevenção das falhas, fazendo uso da meta de zero falha para o equipamento (NAKAJIMA, 1989).

A manutenção autônoma tem o objetivo de recompor as condições básicas do equipamento, impedindo a danificação acelerada do mesmo. São atividades preparadas com base em padrões de inspeção, limpeza e lubrificação dos equipamentos. O operário, ao estar adequadamente habilitado, torna-se capaz de identificar, mediante inspeções autônomas, possíveis anomalias (XENOS, 1998).

O pilar de capacitação e treinamento tem a intuito de dispor a melhora do nível de conhecimento dos envolvidos com o programa TPM. Neste pilar, é

necessário desenvolver um programa de treinamento próprio para cada nível de atividade (SUZUKI, 1995).

Passo 8: Controle inicial de novos equipamentos e produtos

A finalidade das atividades nesse passo é limitar as perdas em processos ou produtos novos. Para isso, é fundamental criar produtos que sejam fáceis de fabricar e equipamentos que sejam fáceis de manejar e conservar. Para atingir tal finalidade, é preciso fazer uso de conceitos de prevenção da manutenção (PM) em todas as fases de desenvolvimento do produto ou processo (SUZUKI, 1993).

Passo 9: Manutenção da qualidade

Neste passo, deve-se utilizar o pilar de manutenção da qualidade, que se resume em produzir com qualidade desde a primeira vez, impedindo os defeitos através dos processos e equipamentos (YOSHITA et al., 1990).

O equipamento é um mecanismo para produzir o produto. Por isso, ao utilizar o foco da qualidade nos equipamentos, deve-se reconhecer quais características acometem a qualidade do produto. Para execução das condições da qualidade do equipamento, o pilar de manutenção autônoma necessitará ter recuperado as condições básicas de operação do mesmo.

Passo 10: TPM nos departamentos administrativos

Os departamentos administrativos e de apoio apresentam uma função notável no apoio da produção. A qualidade das informações que são de obrigação destes departamentos possui uma grande consequência sobre as atividades de produção (SUZUKI, 1995).

Este passo tem como fim determinar o pilar do TPM nos departamentos administrativos, melhorando a organização e cultura do trabalho. Por consequência, possibilita o apoio da produção na redução das perdas incorridas pelo departamento administrativo.

Passo 11: Gestão da Segurança e Meio-Ambiente

A segurança e prevenção de efeitos que divergem sobre o meio ambiente são pontos importantes nas indústrias. Os estudos de operação ajustados com a formação de prevenir acidentes e a análise de falhas são meio eficientes de tratar estes assuntos. A segurança é gerada mediante as atividades TPM.

O passo 11 se inicia com as atividades do pilar de Segurança e Meio.

Ambiente, implantando um sistema objetivo a promoção de condições de higiene, segurança e ambiente de trabalho. O último passo é a fase de consolidação do programa TPM, que se inicia posteriormente à implantação do programa de meio ambiente e segurança e finaliza com a melhoria das metas e objetivos (SHINOTSUKA, 2001).

Passo 12: Sustentar a implantação do TPM

Este passo determina uma utilização integral do TPM e o aumento dos inerentes níveis de objetivos e metas, propiciando o avanço contínuo e desafio de maiores metas (SHIROSE, 1992).

Há várias opções para preservar os níveis obtidos no TPM. A título de exemplo é possível formar fortes grupos TPM em cada nível e dispor uma equipe de promoção do programa que ajude a compor o TPM no trabalho cotidiano. O método passo a passo sistemático, indicado para as atividades TPM, é eficiente na obtenção de resultados. Além disso, é significativo o enfoque da melhoria contínua através de atividades de pequenos grupos de trabalhos.

2.4.1 Análise de falhas

A definição de falha definida pela NBR 5462-1994 é: o fim da capacidade de um item executar sua função. É a diminuição total ou parcial da eficácia de uma peça, componente ou máquina de exercer a sua função ao longo de um período de tempo, quando o item deverá ser consertado ou trocado.

Outra definição é dada por (TAVARES, 1996): “falha é a ocorrência nos itens, impedindo seu funcionamento”. O equipamento terá de estar funcionando corretamente, caso contrário, mesmo em situações em que esteja operando com baixa velocidade, prejudicando a qualidade do produto final ou literalmente quebrado, terá que ser tida como falha nos equipamentos. Apoiado nisso, é possível dizer que existem essencialmente duas situações para um equipamento: funcionando corretamente ou falhando.

Dunn (1998) identifica as falhas em: ocultas, segurança, meio ambiente, operacional e não operacional. Ocultas são aquelas que acontecem em condições normais, mas invisíveis; aquelas, que quando ocorrem podem provocar a morte de uma pessoa ou acidente ao meio ambiente classifica-se como de segurança ou de meio ambiente. Quando a situação de falha resultar na redução da eficiência

operacional é classificada como falha operacional; já aquelas que quando ocorrem afetam de maneira direta no custo de reparo e, provavelmente, acarretam algum defeito secundário em outro equipamento são classificadas como falhas não operacionais.

2.4.2 Ferramentas para analisar falhas e solucionar problemas

O êxito do trabalho da manutenção decorrerá com a aplicação de ferramentas que ajudem na averiguação acurada das ocorrências. Na maior parte das vezes, a investigação parte do histórico das ocorrências do equipamento; por esse motivo, é necessário manter um histórico confiável destas.

As ferramentas de análise de quebras contribuem diretamente na organização destas informações, originando, dessa maneira, um plano de ação que, quando empregue, assegure que essa ocorrência não irá acontecer novamente, sem ser previamente vista. São usadas não só na investigação de falhas, mas em toda planta, pois são ferramentas apresentadas por Deming (1990) e, comumente utilizadas em ambientes que aplicam o programa TQC (*Total Quality Control*).

2.4.3 Análise 5W e 1H.

O 5W e 1H, tem como função aprimorar a relação entre as variáveis Incluídas no equipamento sendo:

- *WHO* (Quem) Analisa as variações entre as pessoas envolvidas na atividade, tipificando as diferenças entre turnos de trabalho, tempo de experiência dos operadores por meio da identificação entre os novos operários e os temporários.
- *WHAT* (O que) verifica as variações relativas aos materiais de produção, identificando as diferenças entre lotes ou materiais.
- *WHERE* (Onde) examina as variações associadas às máquinas ou componentes, identificando prováveis ocorrências desta falha em máquinas parecidas ou componentes.
- *WHEN* (Quando) verifica as alterações das ocorrências ao longo do tempo, período, clima, momento da produção (início, final, setup.)

- *WHICH* (Qual) verifica as tendências associadas ao tempo, isto é, é possível averiguar se o problema aumenta ou diminui com o passar do tempo.
- *HOW* (Como) apura em quais condições intercorrem o problema.

Segundo May (1999) o uso do 5W1H é bem antigo. O mais antigo registro que se encontra nesse sentido está no Tratado sobre Oratória, escrito por Marcus Fabius Quintilianus entre os anos 30 e 100 d.C; esse tratado faz referência às obras discursivas, à crítica literária e ensinamentos morais. Quintilianus constatava que, para se obter a compreensão do público sobre qualquer tema, era necessária a utilização do hexágono de perguntas (e respostas) presentes em seu tratado.

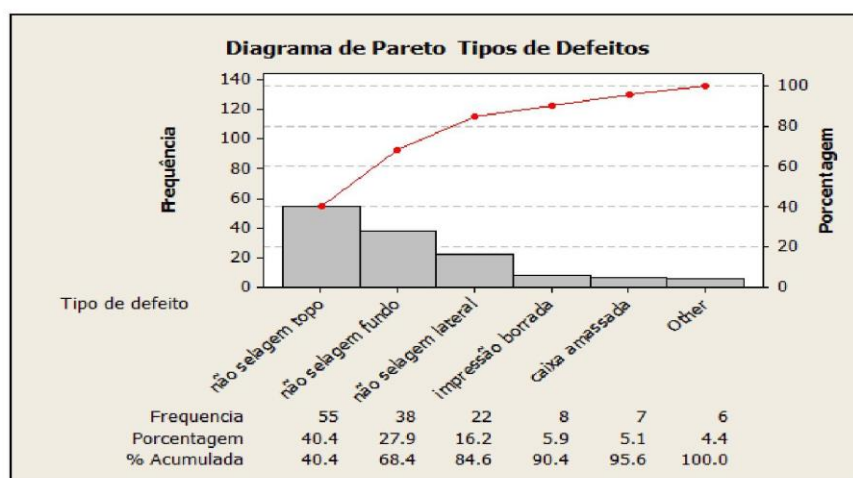
2.4.4 Estratificação

Segundo Brassard (1995) a estratificação é uma técnica empregada para analisar e observar dados e também pesquisar possibilidades de melhoria. Ela ajuda na análise dos casos cujos dados mascaram os fatos reais.

Quando se necessita identificar as principais responsáveis por um determinado tipo de falha, utiliza-se, por exemplo, um Gráfico de Pareto que se identifica as vozes causadoras da falha. Dessa maneira, será possível focar o trabalho e conter a recorrência por meio de contramedidas decorrentes de uma análise rigorosa das causas.

O Gráfico de Pareto é no formato de barras verticais, que possibilita definir quais problemas resolver e qual a prevalência; normalmente ao se atuar nas barras mais altas do gráfico ao contrário de embarçar nas barras menores, conseguem-se então melhores resultados.

Figura 5 - Gráfico de Pareto



Fonte: Vilfredo Pareto

2.4.5 Análise de causa e efeito – Diagrama de Ishikawa

No momento em que é detectado algum problema, é preciso descobrir os fatores que geram uma situação incomum. Os problemas de falha em equipamentos podem estar associados a variadas razões e podem contribuir com resultado positivo ou negativo.

O Diagrama de Causa e Efeito é uma ferramenta eficiente para investigar as diferentes causas que dão origem a um problema. Seu benefício traduz-se em poder visualizar as diferentes causas e efeitos que podem estar presentes em um problema.

Um Diagrama de Causa e Efeito simplifica o diagnóstico do equipamento sobre as prováveis causas que geram um determinado problema.

O Diagrama de Causa e Efeito é desenhado para ilustrar claramente as várias causas que afetam um processo, por classificação e relação das causas. Para cada efeito, existem, seguramente, inúmeras categorias de causas. As causas principais podem ser agrupadas sob quatro categorias conhecidas como os 4M: Máquina, Mão de obra, Método e Material. Nas áreas administrativas, talvez seja apropriado usar os 4P: Política, Procedimento, Pessoal e Planta (BRASSARD, 1995).

Os 4M tem por finalidade estabelecer as causas de uma determinada falha através da análise das quatro principais variáveis do processo produtivo, tornando possível reconhecer:

- Quais condições da máquina contribuem para que a falha ocorra;
- Os treinamentos necessários para que a mão de obra possa evitar que a falha ocorra.
- Quais variações do material (matéria prima ou produto em processo) poderão gerar a falha;
- A necessidade de criar métodos, instruções de trabalho ou padrões de ajuste.

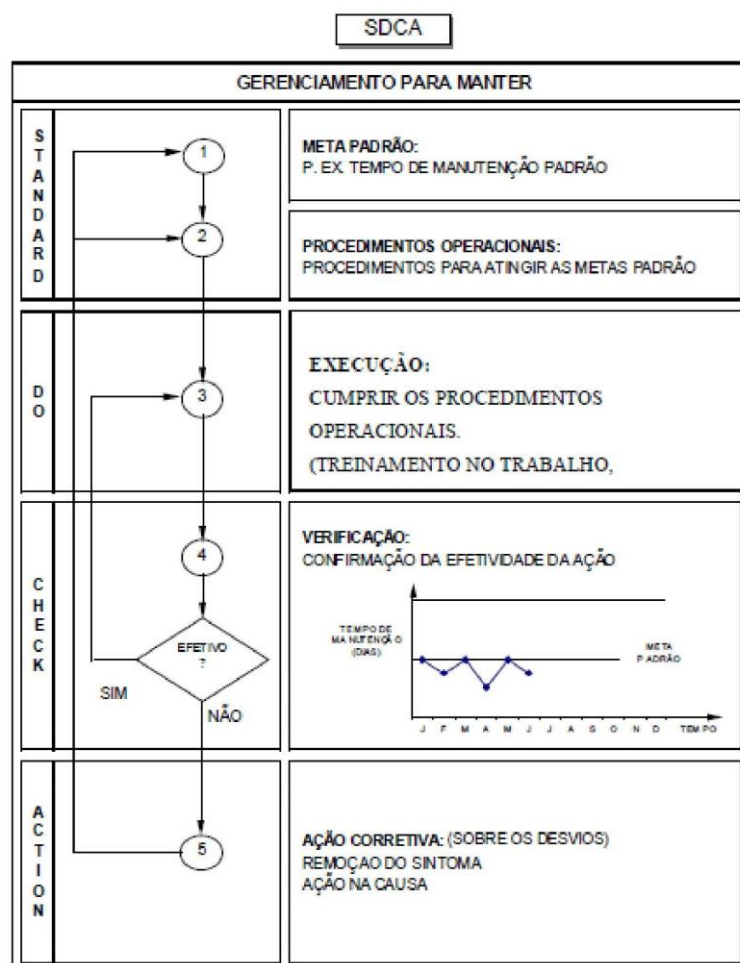
Ao definir as causas, é necessário pôr, antes de tudo, as causas prováveis (reais acontecidos), em seguida colocar as causas potenciais (possíveis). Para uma boa análise, é preciso evitar ser comum, buscando ser mais específico, tencionando identificar a partir de que ponto a falha acontece para certificar que toda vez que se tenha à causa ocorra o efeito. Uma causa de Método só terá de ser considerada, se a questão for falta de padrão.

2.4.6 Ciclo SDCA

O ciclo SDCA – *Standard, Do, Check, Action* (Padronizar, Realizar, Verificar, Agir), segundo Nascimento (2001), determina as metas padrão. Às metas para manter equivalem a uma faixa admissível de valores para um item de controle analisado, representando, por exemplo, o MTBF (Tempo Médio Entre Falhas) de um equipamento.

Ao longo do processo de padronização, poderão aparecer pontos que precisarão ser aprimorados, nestes casos convém utilizar o ciclo PDCA para corrigi-los. É por isso que Nascimento (2001) destaca que os ciclos PDCA e SDCA devem girar de maneira simultânea. A Figura 6 mostra o ciclo SDCA.

Figura 6 - Ciclo SDCA

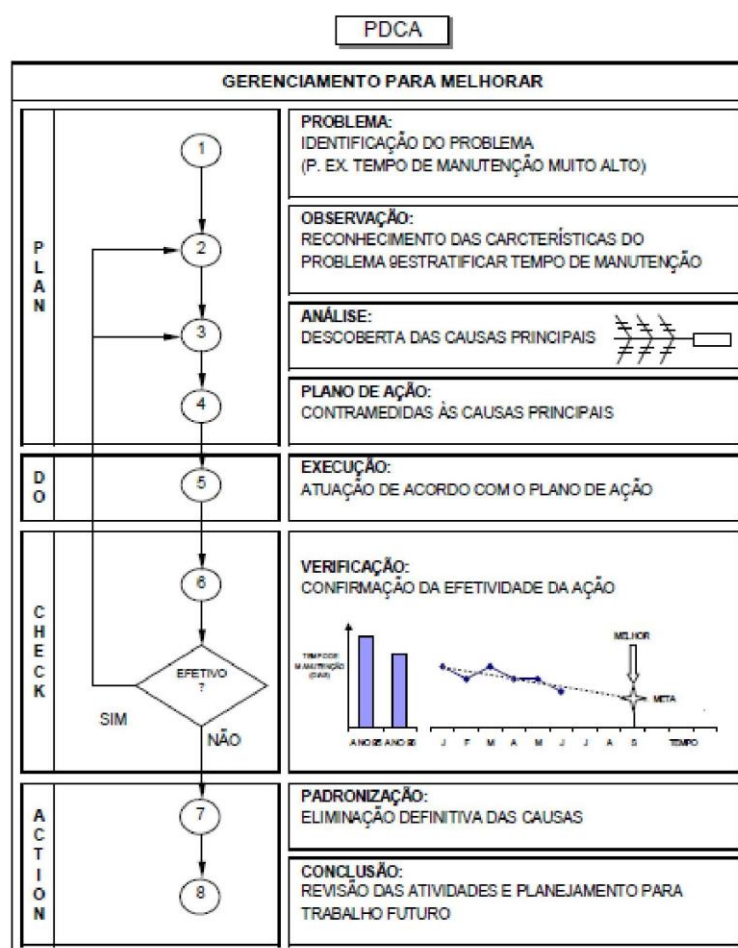


Fonte: Walter Andrew Shewart

2.4.7 Ciclo PDCA

Segundo Nascimento (2001), o ciclo PDCA – *Plan, Do, Check, Action* (Planejar, Realizar, Verificar, Agir), retrata o caminho a ser empregue para que as metas estabelecidas consigam ser alcançadas. O sentido em girar o ciclo é fazer com que cada etapa seja executada em série e de uma maneira contínua. Xenos (1998) afirma que o método universal para atingir metas é o PDCA.

Figura 7 - O ciclo PDCA



Fonte: Walter Andrew Shewart

2.4.8 MASP - Método de análise e solução de problemas

O MASP, cujos passos mais importantes são apresentados na Figura 8, é um instrumento que engloba de forma sistematizada todas as ferramentas da qualidade, transformado em um hábil e eficaz método científico na investigação da causa raiz de um determinado problema, por ser organizado dentro de uma filosofia de trabalho que se emprega evidências objetivas.

Figura 8 - Principais passos do MASP

PDCA	Fluxo	Fase	Objetivo
P	1 ↓	Identificação do Problema	Definir claramente o problema e reconhecer sua importância
	2 ↓	Observação	Investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vista
	3 ↓	Análise	Descobrir as causas fundamentais
	4 ↓	Plano de Ação	Conceber um plano para bloquear as Causas fundamentais
D	5 ↓	Ação	Bloquear as causas fundamentais
C	6 ↓	Verificação	Verificar se o bloqueio foi efetivo
	N ↓ S	Bloqueio foi efetivo	
A	7 ↓	Padronização	Prevenir contra o reaparecimento do problema
	8 ↓	Conclusão	Recapitular todo o processo de solução do problema para trabalho futuro.

Fonte: JUSE (Union of Japanese Scientists and Engineers)

No MASP – Método de Análise e Solução de Problemas, Donati (1997) declara que ferramentas estatísticas são usadas nas etapas de identificação dos problemas, análise, verificação e padronização.

Outro ponto tratado é a questão da formação do grupo MASP que terá de ser multidisciplinar, reforçando a importância quanto à participação dos técnicos de manutenção para reaver as informações que não estão consideradas no histórico de manutenção, mas que estão em poder dessas pessoas, atuando dessa forma como elemento. O MASP está incorporado ao Ciclo PDCA em 8 passos básicos.

2.4.9 RCFA – Análise da causa raiz da falha.

Este tipo de análise é indicado à aplicação na solução de problemas crônicos sendo organizada em 4 passos principais:

- Análise do Modo e Efeito de Falha – FMEA – Passo 1 – Operação manutenção

- Preservação da informação da Falha – Passo 2 – Manutenção
- Organização do Grupo de Análise – Passo 3 – Gerência de manutenção
- Análise – Passo 4 – Grupo de análise
- Relatar as Descobertas - Passo 4 – Grupo de análise
- Fazer as Recomendações - Passo 4 – Grupo de análise
- Acompanhar os Resultados - Passo 4 – Grupo de análise

2.4.10 FMEA – Análise dos modos e efeitos de falha.

Segundo Pinto; Xavier (1999) a FMEA “é uma abordagem que ajuda identificar e priorizar falhas potenciais em equipamentos, sistemas ou processos”. “É comumente empregada como um degrau para a organização do programa de análise das Causas Raízes da Falha – RCFA”.

Aplica-se FMEA em três níveis: projeto, processo e sistema. No decorrer do projeto é utilizada para extinguir as causas de falha durante o projeto do equipamento que vai desde manutenibilidade até a questão ligada à segurança, no processo da ênfase como o equipamento é zelado e operado e no sistema aborda a identificação das falhas possíveis e gargalos no processo produtivo.

No trabalho da Manutenção aplica-se a FMEA de processos, devido aos equipamentos estarem instalados e funcionando. Para o progresso desse trabalho é os especialistas aconselham a formação de um time multidisciplinar composto por engenheiros, técnicos de manutenção e técnicos de operação.

2.4.11 Seleção da área piloto

A definição da área piloto para implantação da TPM, segundo Nagao (2002), é determinada dentro de 5 critérios:

1. Produtividade:

- Gargalo
- Importância para a fábrica
- Sem substituto
- Altamente especializada
- Facilidade para manutenção autônoma

2. Qualidade:

- Influência significativa na qualidade final
- Alta frequência de peças defeituosas ou retrabalhos
- Alto custo de perda por peça

3. Entrega:

- Processa grande variedade de produtos
- Influência o atraso de outros processos

4. Custo:

- Grande absorção de despesas
- Grandes perdas por queda de desempenho
- Alto custo de reparo em caso de quebra grave

5. Segurança:

- Crítica para a segurança do operador
- Efeito de falha / quebra sobre o meio ambiente

2.4.12 Matriz SCS – Sintoma causa e solução

Nomeada por Baroncelli (1999) como “Matriz X”, esta ferramenta é utilizada posteriormente a aplicação das ferramentas de análise de falhas para registro da conexão entre a falha ou defeito mostrado, as possíveis causas que deram origem e as soluções propostas para cada causa apontada.

A Matriz SCS tem como propósito assistir o profissional na análise de uma falha verificada demonstrando as relações entre sintoma, causas e as soluções propostas.

2.5 MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

O surgimento da RCM está relacionado à precisão de certificação da linha de aeronaves Boeing 747, pela FAA (Federal Aviation Authority) nos Estados Unidos. Isto porque este avião procedeu a um marco tanto em níveis de automação, quanto em relação ao número de passageiros conduzidos, o que tornava impraticável a utilização das metodologias comuns de manutenção da segunda geração para satisfazer às exigências das autoridades aeronáuticas americanas. Por conseguinte, surgiu a necessidade de se desenvolverem 27 novas metodologias capazes de

reduzir a probabilidade de ocorrência de uma falha significativa, motivando a criação de uma Força-Tarefa na United Airlines, em 1968, conhecida pela sigla de MSG-1 (Maintenance Steering Group), responsável por rever a aplicação dos métodos existentes a essas aeronaves. Desta comissão foi elaborado um relatório, responsável por difundir os conceitos da RCM (SIQUEIRA, 2005).

As normas SAE JA 1011 e JA 1012 (apud FILHO, 2008) definem RCM como um método criado para aperfeiçoar o planejamento de manutenção, integrando as suas várias formas de atividades e facilitando a sua programação.

Moubray (2000) determina a RCM como um método empregado para definir o que deve ser feito para garantir que qualquer ativo físico permaneça fazendo o que seus usuários querem que ele faça no seu contexto operacional.

Kardec e Nascif (2009) ressaltam que a RCM é uma metodologia que estuda um sistema ou equipamento em detalhes, examina como ele pode falhar e estabelece a melhor forma de fazer manutenção de maneira a evitar a falha ou diminuir as perdas resultantes.

Nesta diretriz, a estratégia de RCM tem como objetivo essencial definir os serviços de manutenção mais indicados à importância da função dos ativos físicos nos sistemas e processos produtivos, procurando elevar ao máximo a disponibilidade e confiança operacionais, dentro de uma organização de custos competitivos, sendo empregada como uma ferramenta de apoio à decisão gerencial.

De maneira a colaborar com o procedimento de tomada de decisão, diretores e gerentes podem calcular a confiabilidade, ou seja, a probabilidade dos seus equipamentos, células de produção, ou seja, qual for o sistema trabalharem normalmente em condições de projeto, por um determinado período de tempo estabelecido previamente, por meio da Equação 2 (KARDEC; NASCIF, 2009):

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

Onde: $R(t)$ = confiabilidade a qualquer tempo t . e = base dos logaritmos neperianos ($e=2,718$). λ = taxa de falhas (número total de falhas por período de operação). t = tempo previsto de operação.

Isto quer dizer que, baseado em uma taxa de falha constante, é possível estimar a probabilidade de o equipamento falhar dentro de um período determinado de tempo (RIBEIRO, 2012).

2.5.1 Questões básicas da RCM

O RCM se baseia no conceito de que a manutenção deve estar ligada ao contexto operacional do ativo, e devido a tratar-se de um processo, pode ser dividido em sete etapas, que são conhecidas como as sete questões básicas da RCM:

- (1) Quais são as funções e padrões de desempenho de um ativo no seu contexto presente de operação?
- (2) De que modo ele falha em cumprir suas funções?
- (3) O que causa cada falha funcional?
- (4) O que acontece quando ocorre cada falha?
- (5) De que forma cada falha importa?
- (6) O que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha?
- (7) O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa pró-ativa apropriada?

Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009), a primeira questão significa compreender o que é ansiado de cada equipamento, as funções que ele deve realizar e o padrão de desempenho que deve ser sustentado no decorrer de sua vida útil. Esta definição das funções e padrões de desempenho dos equipamentos das fábricas constitui a base de trabalho do programa RCM.

A segunda questão relaciona-se à identificação dos modos de falha, isto é, dos modos como os equipamentos podem falhar em desempenhar suas funções.

A terceira questão está ligada a uma preocupação significativa da RCM, que é o reconhecimento das causas de cada falha funcional, devido às ações preventivas não serem voltadas aos modos de falha, mas às suas causas.

A quarta questão é referente a análise dos efeitos de cada falha, identificar o que acontece quando cada falha ocorre. Para esse fim, é preciso discutir: (1) o que pode ser constatado quando a falha acontece, (2) o tempo que o equipamento irá ficar parado no incidente da ocorrência da falha, (3) os estragos que a falha pode gerar, abrangendo possibilidade de perdas materiais, ambientais ou humanas e (4) o que pode ser realizado para reparar a falha.

A quinta questão está relacionada à análise das falhas, de modo a ficar evidente de que forma cada falha importa, uma vez que uma planta industrial, geralmente, dispõe de centenas de modos de falha suscetíveis de ocorrer. Portanto, o empenho dedicado a impossibilitar a ocorrência de cada falha possível deve ser

equivalente à consequência dessa falha, que é o aspecto-chave que norteia as ações de prevenção, definindo a prioridade e intensidade das ações.

A sexta questão é encarregada por reconhecer o que pode ser feito para precaver ou impossibilitar cada falha, o que inclui o cumprimento de tarefas proativas e tarefas reativas.

Por último, a sétima questão leva em conta planejar o que deve ser feito quando não pode ser definida uma atividade pró-ativa apropriada. Isso já que, nos casos em que o efeito da falha é julgado grave e não é viável executar atividades preditivas ou preventivas, pode ser inevitável pôr em práticas, atividades de busca de falhas ou optar pelo redesenho de sistemas.

Segundo Siqueira (2005), respostas corretas e coesas a estas perguntas têm como propósito precisar métodos oportunos de manutenção. Além de que, nestas questões presume-se que a periodicidade de realização das tarefas seja definida durante a sexta pergunta, ou senão, objetivando o cálculo da melhor frequência de atividades, pode ser inserida uma questão a mais: (8) Quais as frequências ideais das tarefas?

Para responder cada questão, a RCM faz uso de diversos métodos e ferramentas que apontam uma sequência estruturada e bem documentada, possível de ser auditada (SIQUEIRA, 2005).

2.5.2 Etapas de implantação da RCM

Segundo Siqueira (2005), para a implantação da metodologia RCM se deve admitir uma sequência organizada desenvolvida em sete etapas, mostrada a seguir:

- (i) Seleção de equipamentos para análise de RCM;
- (ii) Modos de Falha e Efeitos do sistema;
- (iii) Seleção de Funções Significantes;
- (iv) Seleção de Atividades Aplicáveis;
- (v) Avaliação da Efetividade das Atividades;
- (vi) Seleção das atividades Aplicáveis e Efetivas;
- (vii) Definição da Periodicidade das Atividades.

A primeira etapa, Seleção do Sistema e Coleta de Informações, tem como objetivo reconhecer e documentar o sistema ou processo que será submetido à análise.

Na segunda etapa, Análise de Modos de Falha e Efeitos, são apontadas e documentadas todas as funções e seus modos de falha, assim como os efeitos adversos que foram realizados por elas, empregando a metodologia FMEA (Failure Mode and Effects Analysis).

A terceira etapa, Seleção de Funções Significantes, aplica um processo organizado para examinar cada função identificada na etapa precedente, e indicar se uma falha tem efeito considerável, ao considerar o efeito nos pilares: segurança, meio ambiente, economia do processo e operação.

Na quarta etapa, Seleção de Atividades Aplicáveis, são determinadas as tarefas de manutenção preventiva que sejam tecnicamente aplicáveis para tomar precauções ou retificar cada modo de falha, ou atenuar seus efeitos.

A quinta etapa, Avaliação da Efetividade das Atividades, consiste em um processo organizado para definir se uma tarefa de manutenção preventiva é eficaz para diminuir, a um nível satisfatório, as consequências calculadas para uma falha.

A sexta etapa, Seleção das Tarefas Aplicáveis e Efetivas, a manutenção baseada em condições é selecionada quando é economicamente e tecnicamente viável detectar o início do modo de falha. A manutenção preventiva baseada no uso é selecionada quando é viável diminuir o risco de falha usando este método.

A sétima etapa, Definição da Periodicidade das Atividades, indica os métodos e parâmetros para definição da frequência de aplicação das atividades selecionadas, da mesma maneira que a programação e estruturação do procedimento de implantação do método na empresa.

Fogliatto e Ribeiro (2009) apontam nove etapas para a implementação da metodologia RCM que compreendem: (1) seleção do comitê e equipes de trabalho; (2) Capacitação em RCM; (3) formação dos critérios de confiabilidade; (4) Estabelecimento da base de dados; (5) Execução da FMEA e especificação dos componentes; (6) Seleção das atividades de Manutenção Preditiva apropriadas; (7) Documentação das atividades de Manutenção Preditiva; (8) Estabelecimento de metas e indicadores; e (9) Revisão do programa de RCM.

É significativo verificar que a implantação da RCM não acaba na elaboração e instituição do plano de manutenção, sendo fundamental um banco de dados apropriado para todas as informações, já que se trata de um processo constante, onde o plano é regularmente inspecionado em função dos dados de falhas e de reparos que devem ser continuamente coletados e analisados (PINTO; LIMA, 2006)

2.6 ANÁLISE: TPM X RCM

O corrente capítulo tem como propósito expor a análise feita em relação as características específicas da TPM e RCM e resumida discussão sobre a capacidade de integração entre os dois métodos.

2.6.1 Descrição da pesquisa

O artifício de pesquisa utilizado para execução do trabalho perante o ponto de vista dos procedimentos técnicos foi a Pesquisa Bibliográfica. A pesquisa é estabelecida mediante escolha de artigos, livros e publicações aptos a dispor o embasamento teórico essencial acerca do tema tratado, acompanhado de pesquisa sobre modelos de execução integrada entre TPM e RCM. Por fim, é feito o estudo das informações desenvolvidas, com a finalidade de alcançar conclusões a respeito do tema adotado.

2.6.2 Descrição de análise

Por meio da revisão bibliográfica executada, foram apontadas características das metodologias TPM e da RCM capazes de serem equiparadas e trabalhadas de forma adaptada e integrada. A escolha destas características foi feita com base nos pontos técnicos, econômicos e nas atividades que cada uma alcança.

Figura 9 - Relação entre TPM e RCM

	RCM	TPM
Quebra zero	Foco na prevenção da quebra.	Acatamento da manutenção corretiva.
Manutenção autônoma	Inexistência de parâmetros para determinação das atividades de manutenção.	Grupos de análise para guiar as ações de manutenção.
Manutenção planejada	Ausência de critérios para definição das estratégias de manutenção preventiva.	Procedimento de seleção de tarefas de manutenção planejada.
Educação e treinamento	Foco para conhecimento de máquinas e ações nos equipamentos.	Enfoque nos grupos de análise e na melhoria dos resultados.
Cooperação entre manutenção e produção	Implantação da manutenção planejada, manutenção autônoma e grupos de análise de causas fonte e upgrades.	Grupos multivalentes para análise de problemas da manutenção
Eficiência na manutenção	Habitual sistema de manutenção preventiva	Aperfeiçoamento das estratégias de manutenção preventiva
Disponibilidade e Confiabilidade	Empenho pela melhoria da Eficiência Global do Equipamento (OEE)	Análise sistemática dos procedimentos e efeitos das falhas
Segurança e meio ambiente	Tratamento não estruturado para análise das consequências das falhas sobre a segurança e o meio ambiente.	Revisões sistemáticas e abordagem estruturada para a análise de influência e consequência das falhas.

Fonte: Freire, Priscila Saraiva Déde.

2.7 TPM E RCM INTEGRADAS

Com os avanços tecnológicos, os processos de manufatura precisam regularmente de suporte mais qualificado, para poder conservar a eficiência de equipamentos e máquinas. Nesse sentido, o setor de Manutenção fica cada vez mais requerido para ser capaz de seguir esse avanço. O faz através do conhecimento, aplicação de técnicas e instrumentos modernos para gestão e capacitação profissional.

As metodologias TPM e RCM têm provado ótimos resultados quando implantadas e usadas de maneira correta. Por consequência, muitas empresas tem se favorecido com a melhoras da produtividade e da disponibilidade, dessa maneira aumentam suas competitividades.

Há alguns atributos característicos das duas metodologias que se compreendidos de maneira satisfatória podem se adaptar entre si. São princípios que conseguimos verificar em ambas que trabalham formas e objetivos semelhantes.

Na TPM, a quebra zero é uma meta que deve ser alcançada, da qual em certo momento os sistemas precisam ser determinados baseados na seletividade, o que assemelha os dois métodos.

Na RCM, conforme a criticidade da máquina ou equipamento e do estudo de modos de falha, pode-se chegar à conclusão que a melhor estratégia a ser utilizada para manutenção de um determinado ativo seja a corretiva.

Dessa maneira, é possível que a TPM e a RCM trabalhem juntos na questão da quebra zero. Isso de forma onde a RCM auxilie na definição dos ativos segundo a sua criticidade, onde zero avaria é o objetivo principal.

No pilar de manutenção planejada no TPM, nenhum método de seleção é ilustrado, o RCM terá uma importante contribuição utilizando seu “diagrama de decisão” como recurso de escolha de tarefas de manutenção planejada.

Será de grande importância a contribuição do RCM, porque irá simplificar as ações de manutenção planejada. Vai focar as ações essenciais para que os equipamentos e máquinas operem conforme a sua função exigida, dentro dos parâmetros almejados de confiabilidade.

Na TPM, o pilar do MA ajuda na revelação das perdas e na manutenção de equipamentos e máquinas. Na RCM, os grupos de análise, fundamentados no

diagrama de decisão em conjunto com o pilar da MP, podem apontar algumas ações que necessitam ser realizadas pela operação, como forma de manutenção autônoma.

Nos dois programas a integração entre a manutenção e produção é essencial. Na TPM, ocorre de maneira natural no decorrer da implantação do pilar MA – Manutenção autônoma e do pilar da MP – manutenção planejada.

Essa integração se reforça durante o programa nos grupos de melhoria e nas análises de falhas. Na RCM, esta aproximação, acontece nos grupos de trabalho em que a participação simultânea da produção e da manutenção é indispensável para o check-up de um equipamento.

2.7.1 Treinamento e educação

O treinamento para operadores é foco do TPM para que estes sejam capacitados para compreender, dominar satisfatoriamente os equipamentos e exercer atividades de manutenção. Na RCM, o treinamento é essencial para que os grupos de análises de falhas consigam potencializar seus resultados.

Desta maneira é possível observar, que, pondo as duas imposições em uma utilização única, consegue-se ter grupos de RCM focalizando as informações dos equipamentos e máquinas no decorrer das reuniões, como meio de assimilar a utilização da TPM.

A integração das ferramentas ordena dois propósitos que se complementam, a TPM buscando a produtividade e disponibilidade e a RCM visando a confiabilidade, tal integração maximiza os pontos de melhoria de cada uma e gera uma ferramenta mais eficaz no sentido de garantir o retorno desejado.

3 CONCLUSÃO

A elaboração deste trabalho teve como objetivo principal examinar as características da TPM e da RCM, objetivando reconhecer as ligações que possibilitam a integração entre as duas metodologias. Assim, foi possível conhecer várias possibilidades de integração, no que se refere as questões técnicas, econômicas e nas atividades que cada metodologia envolve.

Inicialmente, a respeito dos dados técnicos, a integração entre as duas metodologias possibilita a troca de experiências e o aperfeiçoamento das atividades que abrangem a TPM, de modo a potencializar os resultados atingidos em sua implantação. Estes resultados acontecem uma vez que as limitações da TPM são melhoradas pelos pontos fortes mostrados pela RCM.

Na TPM não existe um critério ou definição de quais as estratégias de manutenção preventiva devem ser adotadas para cada equipamento ou sistema. Já com a RCM é possível determinar qual estratégia mais adequada de maneira lógica, fazendo uso da função do sistema, por meio do Diagrama de Decisão.

Em relação à questão econômica, foi possível reconhecer que a utilização das ferramentas recomendadas pela RCM possibilita que a TPM oriente as suas atividades e impeça ações que não são necessárias que resultam em perda de tempo, retrabalhos e prejuízos financeiros. Isso já que a implantação da TPM requer altos investimentos na implantação dos pilares e na qualificação de todos os envolvidos em suas atividades, da mesma forma graças ao fato da RCM ser uma ferramenta pontual e geralmente implantada em áreas selecionadas ao invés de toda a planta, sendo destinada aos sistemas mais importantes. Portanto, é essencial que os recursos sejam dirigidos às atividades que tragam o retorno que a empresa espera e resultem em aumento dos lucros e diminuição dos custos de operação.

Sobre as atividades que incluem as duas metodologias, o desenvolvimento do trabalho demonstrou que as atividades que envolvem cada pilar da TPM estão associadas às atividades da RCM, sendo estas um auxílio e apoio para que os pilares da TPM possam progredir. Um exemplo disso são as ferramentas de decisão e de análise de falhas apresentadas pela RCM, que contribuem como input para a TPM uma base de dados coerente para consulta e análise das práticas de manutenção.

Durante a revisão bibliográfica, vários autores foram pesquisados e suas ideias agrupadas buscando tornar mais fácil não somente o presente trabalho, mas também a novos trabalhos associados às duas metodologias.

Por conseguinte, fundamentado o que foi dito acima, é razoável entender que a adoção de uma gestão de manutenção que integre a RCM e a TPM é uma ótima estratégia para o aumento da competitividade das empresas e impulsionar seus resultados, aspirando uma administração mais eficiente de seus ativos e uma diminuição de seus custos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

JARAMILLO, Carlos Mário Péres. **RCM y TPM: metodologías complementarias, no excluyentes**. Revista Mundo Eléctrico, v.78, jan. 2010.

JUNIOR, Joel da Conceição; SILVA, Sérgio Luís da Silva. **Implementação dos conceitos do TPM (total productive maintenance) no processo de desenvolvimento de produtos: estudo de caso na indústria automobilística**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 30., 2010, São Carlos. **Anais...** São Carlos: ABEPRO, 2010.

OLIVEIRA, Marcelo Rissatto de. **Estudo e Adaptação dos conceitos da TPM –Manutenção Produtiva Total – como Metodologia para Integrar Manutenção e Produção**.2003. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) –Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

FILHO, Rogério Arcuri. **Introdução à manutenção centrada na confiabilidade – MCC: programa de atualização técnica**. Rio de Janeiro: SENAI, 2008. Disponível em: <<http://manutencao.net/v2/uploads/article/file/Artigo24AGO2008.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2019.

ROYER, Rogério. **Manutenção produtiva total: implementação em uma empresa da região sul do país**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 29., 2009, Salvador. **Anais...** Salvador: ABEPRO, 2009.

SOUZA, Fábio Januário de. **Otimização do pilar “manutenção planejada” da TPM através da utilização do RCM para nortear as estratégias de manutenção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

YAMAGUCHI, Carlos Toshio. **TPM – manutenção produtiva total**. São João Del Rei: ICAP DEL-REI, 2005.

TONDATO, Rogério. **Manutenção produtiva total: estudo de caso na indústria gráfica**. 2004. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade e manutenção industrial**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009

JARAMILLO, Carlos Mário Péres. **RCM y TPM: metodologías complementarias, no excluyentes**. Revista Mundo Eléctrico, v.78, jan. 2010.

OLIVEIRA, Claudilaine Caldas de; MARTINS, Rui Francisco; XAVIER, Antonio Augusto de Paula. **Aplicação da manutenção produtiva total (TPM): estudo de caso em uma indústria alimentícia**. In: Simpósio de Engenharia de Produção, 16., 2009, Bauru. **Anais...** Bauru: SIMPEP, 2009.

RIBEIRO, Haroldo. PDCA Consultoria em qualidade - **O que é manutenção centrada em confiabilidade?** Disponível em: < <http://www.pdca.com.br/site/perguntas-e-respostas/3-manutencao-do-tpm/13-o-que-e-manutencao-centrada-em-confiabilidade.html>>. Acesso em: 13 nov. 2019.

Metodologia TPM e RCM integradas Disponível em: < <https://www.manutencaoemfoco.com.br/metodologia-tpm-e-rcm-integradas/>>. Acesso em 14 nov.2019

YAMASHINA, H Challenge to World-Class Manufacturing. **The International Journal of Quality & Reliability Management**. Bradford, 2000.

VOKURKA R; LUMUS R. **International Journal of Logistics Management**. v.11.2000.

Freire, Priscila Saraiva Déde. **A manutenção centrada na confiabilidade (MCC) aplicada em um ambiente organizacional gerenciado pela manutenção produtiva total (MPT) /** Priscila Saraiva Déde Freire. – 2012. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) —Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.

WYREBSKI, Jery. **Manutenção Produtiva Total – Um modelo adaptado**. Florianópolis: UFSC. 1997. 124f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Curso de pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1997

POSSAMAI, Roberto Jose. **A Implantação da Metodologia TPM num Equipamento Piloto na Adria Alimentos do Brasil Ltda**. Porto Alegre: UFRGS, 2002. Dissertação (Mestrado Pós-Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

CASTRO, F.; MENNA, A; ZANDONA, V. **Manutenção Centrada em Confiabilidade em Plantas de Processo Petroquímico**. Anais 18º Congresso Brasileiro de Manutenção. Porto Alegre, 2003.