

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**William de Oliveira Leite**

**IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL EM UMA LINHA DE  
PRODUÇÃO DE ISOLANTE AUTOMOTIVO NA REGIÃO DO VALE DO PARAÍBA**

**Taubaté  
2015**

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**William de Oliveira Leite**

**IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL EM UMA LINHA DE  
PRODUÇÃO DE ISOLANTE AUTOMOTIVO NA REGIÃO DO VALE DO PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso, monografia apresentado para obtenção do Certificado de Especialização pelo curso de Gestão de Processos Industriais do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté

Área de Concentração: Gestão de Processos Industriais

Orientador: Prof. Me. Roque Antônio Moura

**Taubaté  
2015**

**William de Oliveira Leite**

**IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL EM UMA LINHA DE  
PRODUÇÃO DE ISOLANTE AUTOMOTIVO NA REGIÃO DO VALE DO PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso, monografia  
apresentado para obtenção do Certificado de  
Especialização pelo curso de Gestão de Processos  
Industriais do Departamento de Engenharia  
Mecânica da Universidade de Taubaté

Área de Concentração: Gestão de Processos  
Industriais  
Orientador: Prof. Me. Roque Antônio Moura

**Data:** \_\_\_\_\_

**Resultado:** \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Dr.** \_\_\_\_\_ **Universidade de Taubaté**

**Assinatura** \_\_\_\_\_

**Prof. Dr.** \_\_\_\_\_ **Universidade** \_\_\_\_\_

**Assinatura** \_\_\_\_\_

**Prof. Dr.** \_\_\_\_\_ **Universidade** \_\_\_\_\_

**Assinatura** \_\_\_\_\_

**Prof. Dr.** \_\_\_\_\_ **Universidade** \_\_\_\_\_

**Assinatura** \_\_\_\_\_

Dedico este trabalho à minha esposa  
Cristielen Uchôas Paiva Leite, apoio  
fundamental para enfrentar todos os  
desafios que surgiram durante o curso.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus pela vida.

À minha esposa Crístielen Uchôas Paiva Leite que me apoiou nos momentos difíceis.

Aos professores do curso pela divisão do conhecimento.

Aos meus amigos que sempre me incentivaram.

Ao professor orientador Me. Roque Antônio Moura pela orientação que se tornou imprescindível para o bom êxito desse trabalho.

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

Meu muito obrigado.

## RESUMO

O presente trabalho fala sobre a aplicação da metodologia TPM. Fundamenta-se em pesquisa bibliográfica e estudo de caso procurando elucidar, como problema, como planejar a TPM maximizando o potencial produtivo da empresa e desenvolvendo vantagem competitiva? Tem como objetivo no geral compreender Manutenção Produtiva Total, em uma linha de produção como ferramenta de vanguarda, e no específico apresentar os tipos de manutenção e sua aplicação. Através da pesquisa bibliográfica pode-se compreender que a metodologia TPM abarca a forma como a manutenção dos equipamentos de produção acontece. Surge como meio estratégico dentro da evolução da manutenção perseguindo sempre a falha zero, a condição ótima de operação pelo maior tempo possível. Depende diretamente da adoção dos pilares da metodologia pela empresa e pelos colaboradores em questão. A partir do estudo de caso foi possível compreender passo a passo a formação de um plano de manutenção, entendendo como principal ponto crítico de sucesso a padronização do processo, bem como a reunião das informações técnicas do equipamento. Os resultados da implantação do modelo criado, obtidos pelo MTBF e pelo MTTR, serviram para mostrar a aplicabilidade da metodologia. Foi possível concluir que muitas empresas, inclusive de grande porte, possuem dificuldades em aplicar a metodologia, contudo, essa ferramenta mostra-se estratégica para que a empresa ganhe em competitividade.

**Palavras-chave:** Manutenção. Padronização de Processos. Pilares. Plano de Manutenção. TPM.

## **ABSTRACT**

This paper discusses the application of TPM. It is based on literature review and case study looking elucidate, as a problem how to plan PMS maximizing the productive potential of the company and developing competitive advantage? Objective in general understand Total Productive Maintenance, in a production line as the vanguard tool, and in particular to introduce the types of maintenance and its application. Through literature we can understand that the TPM methodology covers how the maintenance of production equipment happens. It emerges as a strategic means in the evolution of maintenance always pursuing zero failure, the optimal operating condition for as long as possible. It depends directly on the adoption of the methodology by the firm pillars and employees concerned. From the case study was possible to understand step by step the formation of a maintenance plan, understanding as the main critical success of the standardization process and the meeting of the technical information equipment. The results of the implementation of the created model, obtained by the MTBF and MTTR by, served to show the applicability of the methodology. It was concluded that many companies, including large, have difficulties in applying the methodology, however, this tool proves to be strategic for the company to gain in competitiveness.

Keywords: Maintenance. Process standardization. Pillars. Maintenance plan. TPM.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Pilares de Metodologia TPM.....	18
Figura 02- Cálculo da OEE.....	27
Figura 03- Gráfico de custos em função do nível de manutenção utilizado...	29
Figura 04- Feltro e sua aplicação no revestimento de automóveis.....	37
Figura 05- Feilong Felter Line – Modelo da máquina instalada na manufatura de feltro.....	37
Figura 06- MTBF da XP Autos antes da TPM.....	39
Figura 07- MTTR da XP Autos antes da TPM.....	39
Figura 08- Indicador de Paradas.....	42
Figura 09- Diagrama de causa-efeito.....	43
Figura 10- Orientações para manutenção autônoma.....	45
Figura 11- Trilha de inspeção autônoma.....	47
Figura 12- MTBF da XP Autos após TPM.....	48
Figura 13- MTBF da XP Autos após TPM.....	48



## LISTA DE TABELAS

Tabela 01- Detalhamento dos Pilares da TPM.....	19
Tabela 02- Atividades relacionadas aos pilares da TPM.....	20
Tabela 03- Os sete passos da manutenção autônoma.....	22
Tabela 04- Vantagens e desvantagens da manutenção.....	25
Tabela 05- Ferramentas de melhoria contínua para planejamento da manutenção.....	32
Tabela 06- Determinação dos custos de manutenção.....	33
Tabela 07- Estrutura para a criação de um plano de manutenção.....	34
Tabela 08- Fases para implementação da TPM.....	35
Tabela 09- Modelo da ficha do equipamento.....	41
Tabela 10- Modelo de Ordem de Serviço para manutenção corretiva.....	42
Tabela 11- Plano de manutenção do setor de manufatura de feltro.....	44
Tabela 12- Cronograma da implantação da metodológica TPM.....	46

## LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 01- Cálculo da OEE.....	28
Fórmula 02- Cálculo da Disponibilidade.....	28
Fórmula 03- Cálculo da Performance.....	28
Fórmula 04- Cálculo da Qualidade.....	28
Fórmula 05- Cálculo da Disponibilidade.....	29
Fórmula 06- Cálculo da Avaria.....	30
Fórmula 07- Cálculo do MTBF.....	30
Fórmula 08- Cálculo do MTTR.....	30

## SUMÁRIO

RESUMO .....	6
1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Problema.....	13
1.2 Objetivos .....	13
1.2.1 Objetivo Geral .....	13
1.2.2 Objetivo Específico.....	13
1.3 Justificativa .....	14
1.4 Estrutura do Trabalho .....	14
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Manutenção Produtiva Total - TPM.....	15
2.3 Tipos de Manutenção: manutenção corretiva, autônoma, preditiva e preventiva .....	21
2.4 Indicadores de Desempenho para TPM .....	27
3 METODOLOGIA.....	31
3.1 Planejamento para projeto de TPM .....	31
4 RESULTADOS .....	36
4.1 Antes da Metodologia TPM: caracterização da empresa e do produto .....	36
4.2 Projeto elaborado dimensionado para fábrica pela metodologia TPM.....	40
4.3 Considerações Finais sobre o Estudo de Caso.....	48
5 CONCLUSÕES .....	51
REFERÊNCIAS .....	52

## 1 INTRODUÇÃO

A manutenção como ferramenta tem contribuído com seu potencial estratégico nos últimos tempos. Dentro da organização desempenha a função de execução de técnicas (administrativas e operacionais) que visam reparar o equipamento a fim de conferir-lhe maior longevidade. Até meados dos anos 50, a manutenção não era um setor de relevância dentro das organizações. Sua função restringia-se à situações de emergência, ou seja, apenas como reação à falhas e avarias nos equipamentos, procurando repará-los no mais curto espaço de tempo possível, não importando a eficiência, mas sim, a rapidez em que a máquina voltasse a produzir.

No início da industrialização os inventores ou proprietários das máquinas eram os que se ocupavam de reparar as falhas e recolocá-las para produzir.

Com o avanço da tecnologia, essa função foi especializando-se, exigindo que fosse realizada por profissionais específicos. Assim, chegou-se ao momento atual em que a manutenção das máquinas em uma organização mostra-se necessária para a competitividade desta e assim, a função ganha status estratégico.

Na fase atual, a manutenção deixa de ser corretiva e foca-se na prevenção, pois, o prejuízo causado pela necessidade de reparo emergencial proporciona à empresa perda de vantagem competitiva.

A manutenção produtiva total surge como metodologia que proporciona à empresa uma estratégia de manutenção, que nasce no operador, dentro do cotidiano e expande-se até às atividades de apoio produtivo, considerando sempre a redução e eliminação de perdas, o ganho na eficiência, qualidade, segurança e produtividade, a fim de conferir à empresa vantagem estratégica na competição acirrada do mercado.

A metodologia TPM, como é conhecida a manutenção produtiva total, ocupa-se de evitar que sejam necessárias paradas emergenciais na linha de produção, pois, constantemente desenvolve atividades que visam garantir a continuidade das atividades e a confiabilidade nos processos. A empresa que a aplica e desenvolve consegue ter maior controle dos seus processos, normalmente não enfrenta sobressaltos e consegue cumprir o combinado com seu cliente. Dessa forma, compreende-se ser a metodologia TPM ferramenta estratégica adequada ao

mercado atual, que exige das empresas uma ação proativa em termos de melhoria das formas de atuação, processo e produtos.

Segundo Faria (2013) desde seu surgimento a manutenção tem aumentado seu caráter estratégico, tornando-se, nos dias atuais, primordiais para que as empresas consigam permanecer competitivas no mercado. Mostra-se fundamental que as organizações busquem sempre novos modos de pensar sua prática de manutenção a fim de melhorar seus processos e reduzir a falha em seus equipamento.

Nos seus ensinamentos Bello (2008) explica que através da manutenção adequada do parque produtivo, as empresas ganham também em qualidade, pois o maquinário funciona na produtividade adequada e nas condições essenciais para que o produto seja produzido na qualidade exigida.

## **1.1 Problema**

Planejar a TPM maximizando o potencial produtivo da empresa e desenvolver vantagem competitiva.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Compreender Manutenção Produtiva Total, em uma linha de produção como ferramenta de vanguarda.

### **1.2.2 Objetivo Específico**

(1) Apresentar os tipos de manutenção e sua aplicação.

### 1.3 Justificativa

O presente trabalho mostra-se relevante em razão do dinamismo do mercado, pois o setor produtivo, cada vez mais, mostra-se automatizado. A automatização da produção proporciona ganho de produtividade, contudo, ainda que muitos achem que as máquinas não demandam tempo de parada, enganam-se. Quando uma máquina quebra, altera-se todo o ritmo de produtividade de uma organização. Dessa forma, compreende-se relevante que se tenha um plano preventivo para realizar a manutenção.

Além da questão da perda de produtividade, ressalta-se como importante também na questão da manutenção o custo da perda, tanto com a máquina quebrada por funcionamento em condições indevidas, como pela perda de competitividade. Enfim, também se justifica a compreensão da metodologia TPM, nas perdas financeiras que a empresa sofre por não ter seus equipamentos funcionando de forma adequada.

Enfim, compreende-se necessária que as empresas adotem alguma forma de manutenção produtiva para que não enfrentem problemas que comprometam sua competitividade. Nisso, justifica-se a pesquisa.

### 1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho foi dividido nas seguintes partes:

- Introdução, apresentando, tema, problema, objetivos e justificativa.
- A Fundamentação teórica desenvolveu-se apresentando os conceitos da metodologia TPM, seus tipos e indicadores.
- A Metodologia trouxe as considerações que serviram de base para o desenvolvimento deste trabalho.
- Os Resultados conceituou a empresa considerada no Estudo de Caso, traçando um paralelo entre o antes e o depois, apresentando as considerações alcançadas pelo estudo.
- Encerrou-se nas conclusões, trazendo um parecer integrado da teoria e do estudo de caso.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Manutenção Produtiva Total - TPM

Segundo Oliveira (2012) há muitas definições para TPM, podendo ser compreendida como campanha que envolve todos os setores e colaboradores orientados para alcançar a eficiência máxima que o equipamento proporciona. A expectativa da metodologia TPM está em identificar e eliminar perdas de todos os processos, não ficando restrito à área produtiva, contudo, é nessa área que a metodologia ganha destaque.

Já Marinheiro (2013, p.27) conceitua TPM como:

[...] é uma metodologia focada na eliminação de perdas do sistema produtivo. Orientada para a “meta zero”, ou seja, “zero quebras, zero defeitos e zero acidentes”, em última instância, ela tem como objetivo melhorar a produtividade da empresa. Para isso, utilizando a filosofia do gerenciamento orientado para o equipamento, a TPM requer e promove a participação e motivação de todos, da alta direção ao chão de fábrica. Isso é obtido pela utilização de grupos autônomos, a exemplo dos grupos MA e MP, que são conduzidos pelos respectivos pilares, todos sob a condução do comitê diretivo, que é liderado pela alta direção da empresa.

Todos os esforços da TPM focam-se em eliminar perdas. Tondato (2004) apresenta como as principais causas de prejuízos dentro dos setores produtivos, e que aqui se pode estender de forma flexível aos demais departamentos organizacionais, as avarias, redução da velocidade da linha de produção, *set-ups*, paradas menores, perdas de arranque e defeitos do equipamento. Quaisquer que sejam as perdas observa-se que implicam diretamente na competitividade organizacional, na continuidade e disponibilidade da linha produtiva, na qualidade do produto e na taxa de desempenho.

Conforme Faria (2013, p. 13) compreende-se que:

O TPM (*Total Productive Maintenance*) consiste num procedimento de administração da manutenção que teve o seu início por volta dos anos 50 e apresentou resultados vivos na economia japonesa na década de 70. A célere ascensão do Japão no cenário mundial à segunda maior potência económica, despertou a curiosidade dos outros países, sendo atribuído ao TPM uma parcela ao seu sucesso. Este modelo tem como envolvente o conceito do ciclo de vida dos equipamentos e assenta em oito pilares

A TPM, manutenção produtiva total, surgiu como evolução dos conceitos de manutenção preventiva, surgida nos Estados Unidos e implantada no Japão nos anos de 1951. Imediatamente surgiram significativas reduções nas quebras dos equipamentos. Marinheiro (2013, p. 32) cita:

Dando resposta às novas demandas das áreas de produção que exigiam a eliminação de quebras e defeitos, a manutenção preventiva evoluiu para a manutenção produtiva, levando ao nascimento da metodologia TPM. A essência dessa metodologia é o conjunto de atividades de produção que tem como objetivo a eliminação total das perdas do sistema produtivo [...] o berço para o nascimento da abordagem exclusivamente japonesa chamada Total Productive Maintenance (TPM) foi a combinação da tendência pela produção Just-in-time com a tendência da indústria de montagem em direção à automação, que investia pesadamente em equipamentos para tornar-se menos intensiva em mão de obra [...]

Tondato (2004) expôs que inicialmente a TPM aplicava-se apenas ao departamento de produção. Foi o JIPM - *Japan Institute Plant Of Maintenance*, detentor das origens do programa TPM, que em 1989, expandiu a aplicação dessa metodologia. A especificação Total, nesse sentido passou a ser compreendida como (1) total no sentido de eficiência global da empresa; (2) total no sentido de englobar todo o ciclo produtivo; e (3) total no sentido de envolver todos os setores organizacionais de forma participativa para alcançar o objetivo maior.

Marinheiro (2013, p. 33) salienta que:

A formalização da TPM como metodologia veio a efetivar-se através do JIPM, num quadro denominado “Desenvolvimento da PM no Japão”, apresenta vários eventos, vincula-os às décadas de 1950, 1960 e 1970 e associa-os a várias teorias, como, por exemplo: Manutenção Produtiva (1954), Engenharia da Confiabilidade (1962) e Logística (década de 1970).

O desenvolvimento da metodologia TPM no Brasil, conforme Marinheiro (2013), chegou pela influência japonesa. Desde então, muitas organizações nacionais estão adotando a TPM como fundamento para o trabalho em equipe, bem como técnica de melhoria contínua e prevenção de prejuízos. São muitas as empresas que adotam essa metodologia, dentre elas pode-se citar Ford, Fiat, Pirelli Pneus, Editora Abril, Tilibra, entre outras, que cabe ressaltar a aplicabilidade da metodologia nos mais diversos ramos.

Conforme Carrijo e Lima (2008, p. 05-06):



O Brasil também tem demonstrado grande interesse pela utilização da metodologia, desde a primeira visita do Prof. Seiichi Nakajima, em 1986, para a realização de palestras na cidade de São Paulo e pela candidatura de algumas empresas brasileiras ao prêmio *TPM Awards* do *JIPM* ao longo da década de 90 e, ainda, em decorrência da disseminação da utilização do TPM por empresas brasileiras de diversos estados e dos mais diferentes segmentos de atividades [...] No final da década de 1990, o IBTPM, organização sem fins lucrativos, teve importante papel na disseminação do TPM em função da realização de diversos eventos de compartilhamento de práticas realizadas por empresas brasileiras e por empresas estrangeiras que já haviam recebido a premiação do *TPM Awards*. Graças à troca de informações entre as empresas que adotaram o TPM e aos expressivos resultados que vêm sendo alcançados pelos praticantes, tem crescido muito rapidamente o número de empresas que se interessa pelo assunto em todo o Brasil. Nos últimos anos, têm surgido diversas empresas de consultoria com o foco específico nas técnicas dos diversos pilares do TPM, estando à maioria delas concentradas no Estado de São Paulo.

Dentre as vantagens que a metodologia TPM proporciona à empresa, conforme cita Oliveira (2012) verifica-se: (1) melhorias na produtividade como aumento da produtividade em termos de valor agregado, índice operacional e mão-de-obra; (2) melhorias na qualidade como redução de falhas, redução do índice de refugo e redução do nível de reclamações de clientes; (3) redução dos custos, redução de estoques nos processos, redução de consumo de energia, redução no consumo de fluídos hidráulicos, além de redução dos custos de fabricação, (4) melhorias na distribuição como maior confiabilidade na entrega reduzindo estoques de produtos acabados e aumento do giro de estoque; (5) melhorias na segurança, redução ou eliminação de acidentes e eliminação da contaminação ambiental por falha de equipamento; e , (6) melhorias morais, maior interesse dos colaboradores em participar e favorecimento das relações interpessoais por satisfação no trabalho e resultados positivos alcançados. Ressalta-se que destes benefícios, o intangível, que é a participação dos colaboradores com comprometimento mostra-se como um dos mais importantes resultados da aplicação da metodologia.

Marinheiro (2013) explica que devido à abrangência da metodologia TPM, muitas interpretações equivocadas têm lançado sombra sobre os resultados por ela obtidos. Dentre as principais vantagens, apontada por esse autor, na adoção da metodologia TPM, pode-se enumerar o ganho nos níveis de produtividade e a maximização da eficiência global do equipamento.

## 2.2 Pilares da Metodologia TPM

Faria (2013) salienta que para atingir os benefícios que a metodologia TPM proporciona há que se adequar a estrutura e à mentalidade das pessoas que integram a organização. Deve-se primar pela adoção da cultura de que: (1) a manutenção deve fazer parte de todo o ciclo produtivo, em toda a vida útil dos equipamentos; (2) há a necessidade de integração entre os setores para que a manutenção seja eficaz, ou seja, ação conjunta da engenharia, produção e equipe de manutenção; (3) a manutenção não deve ocorrer apenas no setor produtivo, mas expandir-se para todos os setores (TPM Office) como parte de uma só estrutura, a empresa; e, (4) deve-se motivar os colaboradores a participarem da metodologia com comprometimento, pois esta questão mostra-se fundamental para o alcance dos resultados positivos esperados.

O desenvolvimento da metodologia TPM apóia-se em pilares que vem evoluindo ao longo dos tempos, aqui cita-se como primordiais 8 pilares que buscam através do aumento da eficiência e da disponibilidade dos equipamentos, sustentar a atividade de manutenção dentro das organizações, conforme apresentado por Oliveira (2012, p.20), na Figura 01:

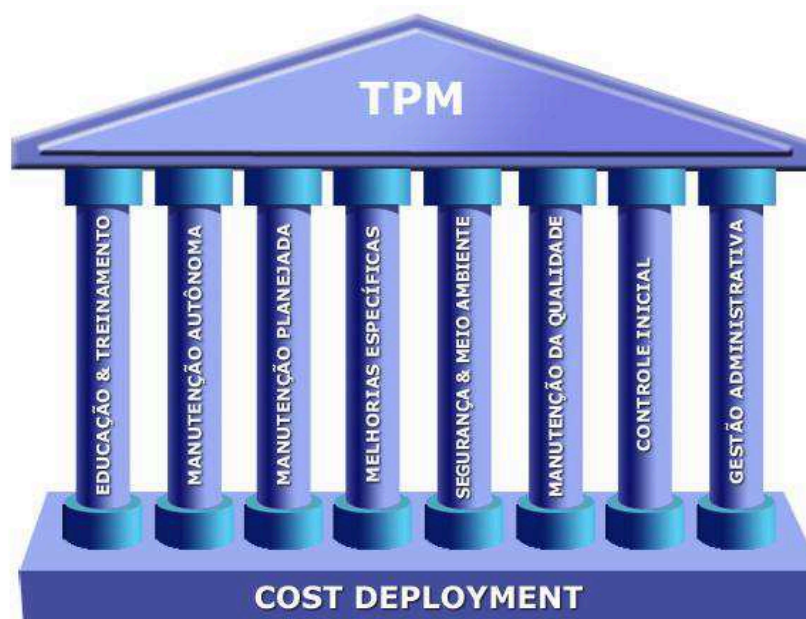


Figura 01- Pilares da Metodologia TPM

Fonte: [www.advanced-eng.com.br](http://www.advanced-eng.com.br)

Na tabela 01, pode-se compreender detalhadamente cada pilar:

**Tabela 01- Detalhamento dos Pilares da TPM**

<b>Pilares</b>	<b>Identificação</b>	<b>Considerações</b>
1º Pilar	Melhorias individuais ou melhorias focadas	Melhorias específicas relacionadas a atividades de maximização e eficiência do equipamento. Pode ser por inovação, eliminação de perdas, aproveitamento do desempenho e realização dos processos adequadamente.
2º Pilar	Manutenção autônoma	Treinamentos teóricos e práticos dos operadores para que utilizem e realizem a manutenção constante do seu equipamento de trabalho. Envolve processos de melhoria contínua.
3º Pilar	Manutenção planejada	Conjunto de ações previamente planejadas de acordo com o tempo de operação do equipamento e as especificações do fabricante. Seu fundamento está no aumento da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, bem como a redução dos custos e a eliminação de prejuízos devido a paradas na linha de produção.
4º Pilar	Capacitação (educação) e treinamento	Treinamentos aplicados para todos os funcionários, sendo teóricos ou técnicos visando autonomia das equipes.
5º Pilar	Controle inicial do equipamento ou Gestão antecipada	Organização das informações de manutenção e melhoria dos equipamentos a fim de auxiliar em projetos futuros.
6º Pilar	Manutenção da qualidade	Esforços para a disponibilidade dos equipamentos na qualidade previamente definida. Relaciona-se à capacidade dos equipamentos de produzir dentro dos padrões de qualidade exigidos
7º Pilar	TPM em escritório ou Office TPM	Eliminar os desperdícios da rotina administrativa.
8º Pilar	Segurança, Saúde e Meio ambiente (SSMA)	Esforços para redução dos riscos à segurança e ao meio ambiente, eliminando contextos perigosos potenciais causadores de acidentes.

Fonte: Criado a partir de Oliveira (2012).

Conforme Marinheiro (2013) a aplicação da metodologia TPM requer adaptabilidade segundo cada organização aos pilares apresentados, contudo, há bases que se mostram fundamentais para que a metodologia desenvolva-se, dentre as quais se cita na tabela 02:

Tabela 02- Atividades relacionadas aos Pilares da TPM

Pilar	Atividades
Manutenção autônoma	Limpeza inicial; Eliminação das fontes de contaminação e áreas de difícil acesso; Implementação de padrões de limpeza e lubrificação; Inspeção geral do equipamento; Inspeção geral do processo; Organização da área de trabalho e (finalmente, o sétimo passo), Implementação plena do programa de manutenção autônoma.
Melhorias Focadas	Identificação das seis grandes perdas; Cálculo do OEE <sup>1</sup> e estabelecimento das metas de melhoramento; Análise dos fenômenos e das respectivas causas; Implementação da análise P-M ( <i>Phenomena and Mechanism</i> ). Estudo completo das condições ótimas dos equipamento
Manutenção Planejada	Manutenção diária e medidas de inspeção; Manutenção periódica; Manutenção preditiva; Melhorias para aumentar a vida do equipamento; Controle de peças reservas; Análise e prevenção das quebras, e Controle de lubrificação
Educação e Treinamento	Capacitar o operador em: 1. Saber detectar anormalidades e efeitos de melhorias nos seus equipamentos; 2. Entender a estrutura e as funções do equipamento e estar apto a descobrir causas de anormalidades; 3. Entender as relações entre a qualidade e o equipamento e prever anormalidades e descobrir suas causas; 4. Entender e reparar seu equipamento.
Gestão antecipada	Estabelecimento de metas de projeto; Manutenibilidade – (facilidade de se realizar a manutenção); Manutenibilidade autônoma – (facilidade de ser feita manutenção pela equipe de MA); Operabilidade; Reliability (confiabilidade); Custeio ciclo de vida; Identificação de problemas em cada estágio (projeto, desenho, fabricação, instalação, etc); Debugging (depuração – um processo de identificação e eliminação de <i>bugs</i> – ou falhas - em softwares ou similares).
Manutenção da Qualidade	Cumprimento das metas impostas pelo setor de qualidade.
Office TPM	Questionamento sobre como o departamento administrativo deve se portar para dar apoio à produção. Reduzir a burocracia. Maximizar a eficiência no apoio às áreas de produção.
Segurança, saúde e meio ambiente (SSMA)	Realizar manutenções para assegurar a segurança dos operadores. Assegurar a confiabilidade dos equipamentos tanto para operação, quanto para preservação ambiental.

Fonte: Criado a partir de Marinheiro (2013)

<sup>1</sup> OEE– Overall Equipment Effectiveness

OEE% = Disponibilidade% \* Performance% \* Qualidade%

Tondato (2004) explica que a metodologia TPM propõe que tantos técnicos, quanto operários integrem-se na manutenção dos equipamentos que utilizam. Compreende-se que essa união permite a melhoria dos equipamentos, bem como das matrizes, dispositivos, acessórios, tornando todo o processo mais eficaz e confiável. Compreende-se, ainda, que elevar a importância da manutenção ao nível estratégico mostra-se como uma das principais funções que a empresa que adota essa metodologia deve desempenhar.

### **2.3 Tipos de Manutenção: manutenção corretiva, autônoma, preditiva e preventiva**

Segundo Bello (2008) há diversos tipos de manutenção dentre elas, destaca-se: manutenção autônoma e planejada (pilares da TPM), manutenção corretiva; manutenção preventiva; manutenção sistemática; manutenção condicionada ou preditiva; manutenção de melhoria ( pilar da TPM); manutenção de ronda; manutenção detectiva; manutenção curativa e manutenção paliativa.

De acordo com Pinto (2003) a implantação de um sistema de manutenção autônoma de sucesso requer rigor e continuidade, bem como melhorias nos equipamentos instalados. Para isso mostra-se necessário o desenvolvimento de outro pilar da TPM, a educação e treinamento dos colaboradores. A manutenção autônoma, conforme Pinto (2013, p.13) pode ser compreendida como:

[...] aquela realizada pelos operadores das máquinas e que visa manter os seus equipamentos em funcionamento de forma eficiente e estável [...] a manutenção autônoma tem como objetivos:

a) Prevenir a deterioração dos equipamentos através de uma operação correta e verificações diárias; b) Devolver ao equipamento o seu estado ideal através da restauração e de uma gestão adequada; e, c) Estabelecer condições básicas para manter o equipamento em bom estado [...] não importa se as técnicas de produção numa empresa são muito avançadas ou não, dado que são sempre os operadores que afetam o desempenho da fábrica. Deste modo, o papel dos operadores na manutenção deve ser reconhecido e ser considerado de grande importância.

Sobre a Manutenção autônoma, Tondato (2004) explica que esta metodologia se aplica à força de trabalho dos operários em manter seu maquinário na condição ótima de operação. Foca-se na preservação do equipamento. Para incluir os operários nessa nova forma de operar mostra-se necessário oferecer-lhes conhecimento técnico, capacitá-los na manutenção da máquina. Na Tabela 03,

Tondato (2004, p.54) apresenta 7 passos para implementar a manutenção autônoma nas organizações:

**Tabela 03- Os sete passos da manutenção autônoma**

<b>Passo</b>	<b>Atividade</b>	<b>Características da atividade</b>
1	Limpeza e inspeção	Eliminação de todos os resíduos e sujeira do equipamento. Lubrificar. Apertar parafusos. Encontrar e corrigir anomalias.
2	Eliminação de fontes de problemas e áreas inacessíveis	Corrigir as fontes de sujeira. Prevenir a dispersão da sujeira. Melhorar a acessibilidade através da limpeza. Lubrificar. Otimizar o tempo de limpeza e inspeção.
3	Preparação dos padrões de limpeza e lubrificação	Redigir padrões que assegurem a limpeza e a lubrificação. Preparar um programa de tarefas periódicas.
4	Realização das inspeções gerais	Preparar-se para inspeções. Realizar inspeções gerais para encontrar falhas e corrigi-las.
5	Realização de inspeções autônomas	Preparar check list dos padrões para inspeções autônomas. Realizar inspeções.
6	Padronização da gestão visual do lugar de trabalho	Padronizar limpeza, lubrificação, inspeção, fluxo de materiais, métodos de registro de dados, gerenciamento de ferramentas. Gerenciar visivelmente todos os processos de trabalho.
7	Implantação da gestão autônoma do equipamento	Desenvolver políticas e objetivos. Fazer das atividades de melhoria parte do trabalho diário. Promover autogestão dos equipamentos.

Fonte: Criado a partir de Tondato (2004, p.54)

Sobre a manutenção corretiva, Bello (2008) reúne as atividades para correção de falha ou de desempenho que esteja menor do que o esperado. Não deve ser confundida com manutenção emergencial. Pode ser planejada, ou não. A manutenção corretiva não planejada refere-se à intervenção feita para corrigir falha que já aconteceu, sendo este o pior tipo de falha, com altos custos envolvidos e perdas na produção, seja em qualidade, em produtividade ou em materiais. Já a manutenção corretiva planejada relaciona-se com a manutenção preditiva, ainda

que para uma intervenção de correção de falha ou desempenho, possui custos menores que a não planejada. Esta manutenção mostra-se dependente da decisão gerencial.

Conforme Nancabú (2011) compreende-se como manutenção corretiva as atividades com objetivo de reparar falhas que ocorreram afetando a operacionalidade do setor. Os serviços podem ser emergenciais ou planejados, este segundo quando há conhecimento de certas falhas freqüentes após determinados períodos de operação do equipamento. Essa forma de manutenção possui custo elevado e está presente nas organizações desde seu primórdio.

Pinto (2013, p. 17) cita:

O objetivo da manutenção planejada<sup>2</sup> é eliminar falhas, obtendo assim equipamentos mais fiáveis. Contudo, mesmo quando se realizam práticas de manutenção sistemática, podem ocorrer avarias, já que os intervalos planejados para as manutenções podem não estar ajustados às falhas reais do equipamento. Assim, é necessário calcular, por exemplo, o tempo médio entre falhas, para assim se saber o tempo entre falhas do mesmo tipo, de forma a ajustar o planejamento para prevenir aquele tipo de falhas

Segundo Bello (2008) a manutenção preventiva ocorre antes da falha ou quebra, na intenção de reduzir as incidências e decorrentes, melhorar a produtividade. Ocorre em intervalos de tempos definidos. Esse tipo de manutenção mostra-se essencialmente importante principalmente relacionado ao pilar de segurança, saúde e meio ambiente, pois está diretamente relacionada à prevenção de acidentes operacionais e à riscos de contaminação ambiental. Indicada também em razão dos custos de manutenção serem altos à partir da falha ou quebra do equipamento. Pode-se considerar como esse tipo de manutenção, as trocas de peças desgastadas. Salienta-se, contudo, que se deve estar atento ao número de manutenção preventiva para não utilizar desnecessariamente esta ferramenta.

Santos (2009, p. 23) a manutenção preventiva se origina em:

- Baixa utilização anual dos equipamentos e máquinas e, como tal, das cadeias produtivas;
- Diminuição da vida útil dos equipamentos, máquinas e instalações;
- Paragens forçadas para reparação em momentos inoportunos correspondentes a épocas de elevada produção, ou até a épocas de crise geral. É óbvio que é impossível eliminar completamente este tipo de manutenção, pois muitas vezes não se pode prever o momento exato em

---

<sup>2</sup> Planeada- mesmo que planejada

que ocorrerá um defeito que obrigará a uma manutenção corretiva de emergência.

Justifica-se em situações em que: a) São mínimos os custos indiretos da avaria e não se origina problemas de segurança; b) Quando o parque é constituído por máquinas com as mesmas funções, e que as essas avarias não afetem a produção de forma crítica. Na Manutenção Corretiva voltamos a ter dois tipos de atuações: 1. Manutenção Paliativa: São reparações efetuadas de carácter provisório (“desenrascar”). 2. Manutenção Curativa: São reparações efetuadas de carácter definitivo (reparar). Em ambas as atuações, é de grande importância o arquivo do histórico de intervenções.

A manutenção preventiva, segundo Nancabú (2011) ocupa-se de realizar reparos preventivos, a fim de evitar custos altos e paradas inesperadas que promovem prejuízos à organização. O ideal seria que todo serviço de manutenção trabalhasse nessa modalidade. As intervenções da manutenção preventiva são sempre programadas, relacionadas ao tempo de operação do equipamento ou nas condições de operacionalidade destes após um ciclo produtivo a fim de manter as capacidades funcionais dos equipamentos ou sistemas. Podem ser planeados também caso se perceba anormalidades no funcionamento dos equipamentos.

Santos (2009, p. 18-19) cita que são objetivos da manutenção preventiva:

- Reduzir ao máximo o número de avarias em serviço, aumentando assim a fiabilidade e disponibilidade dos equipamentos;
- Aumento considerável da taxa de utilização anual dos sistemas de produção e de distribuição;
- Diminuição do número total de intervenções corretivas, diminuindo o custo da manutenção corretiva;
- Grande diminuição do número de intervenções corretivas em momentos inoportunos como por exemplo: em períodos noturnos, em fins-de-semana, durante períodos críticos de produção e distribuição, etc.

Nancabú (2011) apresenta como sinais para manutenção preventiva a (1) análise de vibração do equipamento; (2) a termografia; (3) análise dos parâmetros de rendimento; (4) avarias detectadas pela inspeção visual; (5) medições ultrasônicas; e (6) análise dos lubrificantes em serviço.

A manutenção preditiva, conforme cita Bello (2008) refere-se à manutenções orientadas pelas mudanças de parâmetros no funcionamento da máquina. Ocorre à partir do atingimento do parâmetro considerado gatilho para o problema que causa falha ou quebra da máquina. Essa forma de manutenção contribui para a continuidade no funcionamento da máquina e para a manutenção da linha de



produção. Optando-se pela manutenção preditiva não se mostra necessário paradas para inspeção como ocorre na manutenção preventiva.

Santos (2009) nomeia a manutenção preditiva também como manutenção preventiva condicionada, e a considera como a manutenção realizada no momento exato quando existe a evidência da avaria iminente. A manutenção preditiva ocorre no ponto ótimo para se realizar a manutenção preventiva, a partir do qual a possibilidade de falha do equipamento passa a ter resultados negativos indesejáveis. Normalmente este tipo de manutenção ocorre nos equipamentos críticos e já vem concebida desde a criação do equipamento. Apresenta como vantagens desse tipo de manutenção o aumento da longevidade dos equipamentos, o controle mais eficaz das peças e suas limitações, um custo menor com os reparos e aumento da produtividade.

A manutenção condicionada ou preditiva, de acordo com Nancabú (2011) são as manutenções realizadas quando se atinge valores críticos de funcionamento do equipamento e estão relacionadas ao seu estado de produtividade. Requerem do operador, vigilância constante, e da empresa sensores de medição do equipamento em perfeito funcionamento. Normalmente são desencadeadas quando os valores atingem o ponto de alarme e assim programa-se a intervenção.

Sobre a manutenção sistemática, Nancabú (2011) reúne as manutenções preventivas de caráter cíclico, ocorridas de tempos em tempos regulares.

Santos (2009, p. 20) apresenta as vantagens e desvantagens sobre a manutenção sistemática, conforme exposto na Tabela 04:

**Tabela 04- Vantagens e desvantagens da manutenção sistemática**

<b>Manutenção Sistemática</b>	
<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Custo de cada operação de manutenção pré-determinado	Custo operacional elevado em razão da periodicidade.
Simplicidade na gestão financeira	Maior possibilidade de erro humano devido à frequência de intervenção.
Operações e paragens programadas de acordo com a produção.	Custo de mão-de-obra elevado (intervenção realizadas nos fins de semana)
	Desmontagens desnecessárias que levam à substituição de peças (síndrome da precaução)
	Multiplicidade de operações aumenta o risco de introdução de avarias
	As paragens sistemáticas, ainda que planejadas, têm custo elevado.

Fonte: Criado a partir de Santos (2009, p.20)

Nancabú (2011) expõe que essa revisão baseia-se no conhecimento das falhas comuns do equipamento, que podem ser identificadas nas análises estatísticas ou recolhidas em registros de manutenção anteriores. Também servem as especificações do fabricante do equipamento.

Bello (2008) ainda apresenta a manutenção detectiva, como sendo as manutenções que buscam detectar falhas ocultas ou não-perceptíveis. Seu foco é a proteção, que demanda ação imediata para corrigir problemas que podem acontecer, mas ainda não deram sinais de eminência. Normalmente focam-se nos componentes eletrônicos do equipamento.

Santos (2009, p.23-24) ainda traz mais dois tipos de manutenção, manutenção curativa e manutenção paliativa, sobre as quais discorre:

A manutenção paliativa é idêntica à manutenção curativa, variando no objetivo imediato. Esta manutenção é executada após a ocorrência de avarias, sendo neste caso o objetivo imediato a reposição em funcionamento das instalações ou equipamentos, ficando a resolução final da avaria adiada para um futuro em que o funcionamento das instalações/equipamentos não seja já tão crítico (por exemplo, no final do horário de laboração ou fim-de-semana).

Já a Manutenção Curativa em que a preparação do trabalho é feita após análise da avaria, quando a urgência o permite. A Evolução da manutenção curativa está em: - Análise das causas da avaria; - Reparação; - Correção eventual de modo a eliminar a causa da avaria ou a minimizar as suas consequências; - Memorização dos dados relativos à intervenção (histórico); - Evolução para um planeamento da Manutenção.

A manutenção de melhoria, segundo Nancabú (2011) refere-se às manutenções que promovem alterações para melhorar o desempenho do equipamento.

Tondato (2004, p.51) explica que:

As melhorias individuais são atividades orientadas que maximizam a eficiência global do equipamento, através da eliminação sistêmica de perdas. Melhorias individuais são necessárias devido à baixa eficiência de ações de melhoria contínua. Melhoras do dia a dia podem não ocorrer de forma desejada, sendo muitas vezes negligenciada pelas pessoas por estarem muito ocupadas ou por ser de difícil solução, ou ainda não existir orçamento disponível para a execução da melhoria [...] A melhoria individual é caracterizada por uma atribuição de recursos (equipes de projeto, que incluem engenharia, manutenção, produção e pessoal técnico) e um procedimento de trabalho cuidadosamente planejado e supervisionado.

Sobre a manutenção de ronda, Nancabú (2011) expõe que estão reunidas aqui as manutenções de pequenas avarias que se não realizadas culminam em paradas problemáticas da linha de produção.

Observa-se que há muitos tipos de manutenção que podem ser desenvolvidos dentro da organização. A opção por um dos modelos deve estar consonante com a necessidade da organização, sobretudo em termos financeiros.

### 2.4 Indicadores de Desempenho para TPM

Faria (2013) aponta o *OEE – Overall Equipaments Effectiveness ou Overall Equipment Efficiency* como sendo indicador para a metodologia TPM. Esse indicador permite compreender em números a eficiência global do equipamento.

		<b>Tempo Total</b>				
<b>OEE = Disponibilidade * Performance * Qualidade</b>	<b>Disponibilidade = B / A</b>	<b>A</b>	<b>Tempo Programado</b>		Horário não planejado	Horário não alocado
		<b>B</b>	<b>Tempo Produzindo</b>		<b>Perdas de Disponibilidade:</b> -Quebra de Máquina -Ociosidade -Setup	Horário de não responsabilidade da equipe de produção
		<b>C</b>	<b>Produção Teórica</b>			
	<b>Performance = D / C</b>	<b>D</b>	<b>Produção Real</b>		<b>Perdas de Performance:</b> -Velocidade reduzida -Pequenas paradas	Horário em que fábrica está com as portas fechadas
	<b>Qualidade = F / E</b>	<b>E</b>	<b>Boas + Ruins</b>		<b>Perdas Totais</b>	
		<b>F</b>	<b>Boas</b>	<b>Perdas de Qualidade:</b> -Refugos de Partida -Refugos de Produção		

Figura 02- Cálculo da OEE

Fonte: www.oee.com.br

Obtido através da disponibilidade do equipamento, do desempenho da produção e da qualidade do produto que afetam o desempenho devido à ocorrência de paragens não programadas. Pinto (2012) apresenta para cálculo do OEE a fórmula:

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade$$

#### **Fórmula 01- Cálculo do OEE**

Fonte: Pinto (2012, p.22)

Para encontrar a disponibilidade, Faria (2013) elenca o número de avarias, a rapidez com que elas são solucionadas, o tipo de manutenção realizada, a quantidade dos meios à disposição e sua interdependência.

Detalhando a fórmula do OEE, Pinto (2012) apresenta as fórmula abaixo, onde:

a) relaciona disponibilidade ao tempo disponível par a operação ao tempo que a maquina realmente produziu.

$$Disponibilidade = \frac{Tempo\ disponivel - Tempo\ de\ paragem}{Tempo\ Disponivel}$$

#### **Fórmula 2 – Cálculo da Disponibilidade**

Fonte: Pinto (2012, p.22)

b) relaciona a quantidade produzida com a quantidade que deveria ter sido produzida, determinando a performance.

$$Performance = \frac{Tempo\ de\ ciclo\ ideal \times Unidades\ produzidas}{Tempo\ de\ operação}$$

#### **Fórmula 03- Cálculo da Performance**

Fonte: Pinto (2012, p.23)

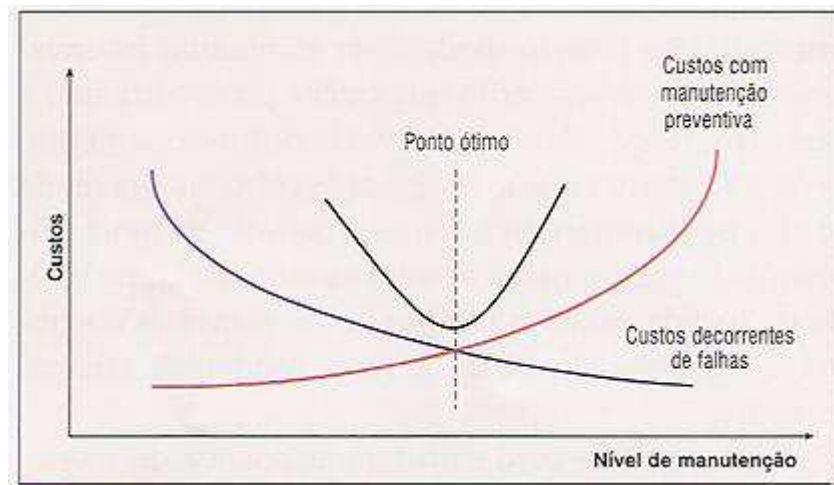
c) compara o número de produtos produzidos com aqueles que atendem aos padrões de qualidade especificados.

$$Qualidade = \frac{Unidades\ produzidas - Unidades\ defeituosas}{Unidades\ produzidas}$$

#### **Fórmula 04- Cálculo da Qualidade**

Fonte: Pinto (2012, p.23)

Os custos de manutenção corretiva diminuem quando as falhas diminuem, ou seja, quando há aumento na aplicação da metodologia TPM. Já o custo de manutenção preventiva com o passar do tempo aumenta, inviabilizando a prática, tornando a prática da manutenção preditiva mais adequada ao alcance do ponto ótimo, de custos e controle de falhas, conforme observa-se na Figura 03:



**Figura 03 – Gráfico de Custos em função do nível de manutenção utilizado**

Fonte: [www.moldesinjecaoplasticos.com.br](http://www.moldesinjecaoplasticos.com.br)

Já Bello (2008) e Nancabú (2011) apresentam como cálculo para determinação da disponibilidade a fórmula 05:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

**Fórmula 05 – Cálculo da disponibilidade**

Fonte: Bello (2008, p.34)

Faria (2013) também aponta como indicadores muito usados na área de manutenção a Taxa de avarias MTBF (Mean Time Between Failures), MTTR (Mean Time to Repair) e Disponibilidade. Sugere inclusive, que a estes indicadores, sejam anexados também o indicador dos custos, que estimam custos diretos e indiretos da manutenção, confrontando o custo de manutenção com a faturação total da empresa.

Sobre o MTBF, Bello (2008) coloca que este indicador apresenta a confiabilidade do equipamento em não falhar em determinado período. Já o MTTR

relaciona o grau de dificuldade da manutenção do equipamento, tendendo a cair o tempo de realização do mesmo à medida que ocorre a aprendizagem da manutenção, devido o aperfeiçoamento nas técnicas de reparo.

Sobre a Taxa de Avaria, Faria (2013) explica que se mostra possível obtê-la a partir da análise da frequência com que as avarias se sucedem, traçando assim um padrão. Propõe-se a seguinte fórmula 06:

$$A = (\text{N}^\circ \text{ de Avarias do período} / \text{Tempo Total de funcionamento do equipamento})$$

**Fórmula 06- Cálculo da Avaria**

Fonte: Faria (2013, p.17)

Sobre MTBF- *Mean Time Between Failure*, Faria (2013) dispõe que esse indicador permite conhecer o tempo médio de bom funcionamento, ou seja, o tempo de funcionamento entre duas avarias consecutivas. Obtêm-se pela fórmula 07:

$$MTBF = 1 / A$$

**Fórmula 07- Cálculo do MTBF**

Fonte: Faria (2013, p.18)

Onde A, significa Taxa de Avarias.

O MTTR – *Mean Time to Repair*, de acordo com Bello (2008) refere-se ao tempo médio necessário para realizar a manutenção

Conforme Faria (2013) explica esse tempo como sendo o tempo dedicado para a correção do problema até a colocação do equipamento em condições boas de funcionamento. A fórmula 08 permite compreender como se obtêm o MTTR.

$$MTTR = \text{Tempo de reparação} / \text{N}^\circ \text{ de Avarias}$$

**Fórmula 08- Cálculo do MTTR**

Fonte: Faria (2013)

Os custos de manutenção são obtidos através da determinação dos custos diretos adicionados aos custos indiretos e aos custos de imobilização, conforme Faria (2013) explica.

Conforme Pinto (2012), os indicadores são fundamentais à metodologia TPM porque só se aplica gestão eficaz naquilo que se pode medir. São os indicadores que mostraram a eficácia do sistema de TPM implementado.

### 3 METODOLOGIA

Na primeira parte desenvolveu-se pesquisa bibliográfica, buscando fundamentar e analisar criticamente variados autores para compreender a técnica e a aplicabilidade da metodologia TPM.

Na segunda fase, apresenta-se um estudo de caso como proposta de implantação da metodologia TPM em uma empresa do ramo automobilístico que se ocupa da produção de acessórios acústicos para caminhões e automóveis, como Mercedes, Volkswagen, Toyota e Honda.

#### 3.1 Planejamento para projeto de TPM

Seguindo as instruções de Bello (2008) propõe-se a criação de um plano de manutenção que deve prever meios de intervenção realizados da maneira mais rápida possível para liberar o equipamento novamente à produção. Para aprimorar o processo de planejamento sugere o uso do diagrama de Pareto (*Ishikawa Diagram*) como ferramenta de apoio para melhoria da confiabilidade no processo.

Seguindo as orientações de Nancabú (2011, p. 23) incluiu-se nos planos de manutenção as seguintes atividades básicas de:

- Inspeção periódica de máquinas e instalações para revelar as condições que possam causar paralisações da produção ou utilização de peças;
- Manter a maquinaria e as instalações de modo a evitar estas condições (negativas), reparando-se enquanto os dados são pouco importantes. [...]
- [...] ser bem planejado e deve ser sempre atualizado, deve incluir outras funções de manutenção como trabalho de oficina bem organizado, planificação do trabalho e sua medição, formação de pessoal, entre outros.

Nas determinações de Faria (2013) aprimora-se o planejamento e a programação através da aplicação de outras metodologias de planejamento, que ele apresenta como ferramentas, conforme se mostra na Tabela 05:

**Tabela 05- Ferramentas de melhoria contínua para planejamento da manutenção**

<b>Ferramentas</b>	<b>Características</b>
Ciclo PDCA Deming Cycle	<i>Plan, do, Check, Act</i> (planejar, fazer, checar, agir). Com finalidade de alcançar resultados ótimos do processo com forte sensibilização para a qualidade.
Metodologia 5S	<i>Seiton, Seiri, Seiso, Seiketsu, Shitsuke.</i> Arrumação, Organização, Limpeza, Normalização, Disciplina. Primordial para melhorar e organizar o lugar e a função que se pretende desenvolver dentro do espaço produtivo.
5 Porquês	5 <i>Why's</i> Objetiva desmembrar um problema com 5 perguntas no mínimo visando elucidar causas e justificativas de intervenção que orientam para que medidas tomar.
Diagrama de causa-efeito ( <i>Ishikawa Diagram</i> )	Montado em formato de uma espinha de peixe é utilizado para explorar as possíveis, ou até mesmo reais, causas de um problema. As causas devem ser agrupadas por um parâmetro hierárquico que importâncias. Auxilia na identificação da origem do problema. Na área da manutenção mostra-se freqüente serem parametrizadas as causas de um problema em quatro classes principais (máquinas, pessoal, método e materiais). Contudo, essas classes são flexíveis podendo ser útil mudá-las, ampliá-las, conforme a necessidade do negócio.
Análise FMEA	<i>Failure Modes and Effects analysis.</i> Objetiva identificar potenciais modos de falhas de um produto ou processo de forma a avaliar o risco associado. Consiste em pela análise classificar o risco segundo sua importância associando a medidas preventivas e corretivas para diminuir a incidência de falhas.

Fonte: Criado a partir de Faria (2013)

Conforme Azevedo (2007) foi criada uma política de manutenção, que se bem estruturada favorece o desenvolvimento da metodologia TPM. Basicamente reuniu-se nessa política: (1) os intervalos pré-fixados onde a manutenção tenha menor custo, (2) a adoção de manutenção baseada em condições de parâmetros de qualidade e capacidade da máquina; (3) buscar melhor oportunidade para a realização da manutenção, o que pode ser viável esperar falhar algumas vezes, e (4) opções de modificações no projeto de produção caso falhas sejam constantemente identificadas, necessitando de manutenção de emergência. O objetivo maior desta política de manutenção centra-se na minimização do efeito de falhas na linha produtiva. Verifica-se a importância do planejamento (projeto a nível macro para a manutenção) e a programação (projeto a nível micro para a manutenção) como primordiais para que a empresa não tenha prejuízos com a produção.

Sobre os custos envolvidos no plano de manutenção, seguindo a sugestão de Faria (2013) organizou-se os custos em diretos (cd), indiretos (ci) e de posse (cs),



tendo o custo total (CT) de manutenção encontrado a partir da soma destes custos ( $CT = cd + ci + cs$ ). Detalha-se conforme apresentados na Tabela 06:

**Tabela 06- Determinação dos custos de manutenção**

Tipo de Custos	Características
Custos diretos	Os custos da própria atividade de manutenção (mão-de-obra, materiais e serviços). Incluem os custos de subcontratação (caso das terceirizações).
Custos indiretos	Custos originados por perda de produção referente à necessidade de manutenção (normalmente causada por avarias ou para manutenção de emergência, ou corretiva).
Custos de posse	Custos relacionados ao aumento de estoques, principalmente de matéria-prima que oneram a empresa por não entrarem na linha de produção conforme planejado. Também refere-se à estoque de peças dos equipamentos de produção, que devido à imprecisão quanto a manutenção, precisam ser estocadas para minimizar os prejuízos.

Fonte: Criado a partir de Faria (2013)

Para implementar observou-se os dispostos por Nancabú (2011) adotando duas fases distintas sendo a primeira a construção de uma base de informação para a manutenção; e a segunda, colocar em prática os processos de gestão da manutenção no dia-a-dia. Para realizar a primeira fase explica que deve-se organizar o sistema produtivo, pesquisar para reunir informações sobre os equipamentos e suas falhas (potenciais e mais comuns), registrar a realidade dos equipamentos para comparação com o ideal do manual do fabricante, analisar estas informações a fim de criar os planos de manutenção. Na segunda fase, procede-se à criação das ordens de trabalho para a manutenção. Essas ordens devem conter informações sobre a intervenção técnica pedida e realizada, mão-de-obra utilizada, materiais utilizados, programas de trabalho. A partir dessas informações, deve-se inclusive, realizar replanejamentos periódicos a fim de melhorar continuamente o programa de manutenção e conseqüentemente o funcionamento produtivo da empresa.

Conforme orientação de Faria (2013) adotou-se o uso de programas simples de computador. Para a documentação propôs-se o uso do Word (Microsoft) e para

cálculos (Excel). O processo sugerido pelo autor passa pelas seguintes fases, conforme Tabela 07:

**Tabela 07- Estrutura para a criação de um plano de manutenção**

<b>Etapas</b>	<b>Descrição das Etapas de Criação do Plano de Manutenção</b>
<b>Criação da Ficha do Equipamento</b>	<p>Inicia-se pela elaboração de uma Ficha do Equipamento.</p> <p>Nesse formulário deve-se detalhar o tipo de equipamento e suas características, de forma a permitir a quem realiza a manutenção o conhecimento da máquina em questão agilizando o trabalho.</p> <p>Esta ficha compreende-se, deve-se ter o máximo de detalhes possíveis, mas basicamente deve contar com modelo da máquina, tipo de equipamento, fabricante, data de fabricação, datas das manutenções realizadas, datas de falhas apresentadas, tipos de peças requeridas, fornecedor de peças, contato do fabricante, operadores que trabalham nela, produção esperada como ótima, falhas possíveis indicadas pelo fabricante, além de descrição do modelo segundo manual do fabricante.</p> <p>Tais informações devem ficar restritas a meio digital, pois com a facilidade proporcionada pela tecnologia, além de economia de papel, responsabilidade ambiental, o meio digital proporciona o uso de imagens com muitas facilidades na elaboração desta ficha</p>
<b>Criação do modelo de OSMP (Ordem de Serviço de Manutenção Preventiva)</b>	<p>Elaborado no <i>Word</i> (Microsoft) ou outro similar.</p> <p>Devem trazer um <i>checklist</i> conforme o tipo de máquina conforme o manual do fabricante pois os defeitos são específicos de cada equipamento.</p> <p>Este documento serve para que a manutenção ganhe agilidade.</p> <p>A principal função desse formulário está em facilitar a realização das intervenções necessárias para que o equipamento possa trabalhar na sua condição ótima de funcionamento.</p>
<b>Padronização das Normas de Manutenção</b>	<p>Criação de normas que visão introduzir uma imagem que melhor descreva a função a exercer. Pode também ser chamada como norma visual.</p> <p>Nas normas deve ter uma imagem do equipamento, no local onde se pretende realizar a manutenção, com indicação da forma mais correta de executar a manutenção pretendida.</p> <p>A adoção de normas visuais torna a manutenção um processo mais ativo e menos suscetível a erro.</p> <p>O funcionário que realizar a manutenção deve fazê-la conforme indica a norma padronizada.</p>
<b>Plano geral da manutenção</b>	<p>A partir das fichas de equipamentos, das OSPM e das Normas de manutenção deve-se cruzar os dados e elaborar um plano de manutenção.</p> <p>Esse plano pode ser elaborado no Excel (Microsoft) ou outro programa similar.</p> <p>O plano de manutenção pode ser setorial, para contemplar melhor as necessidades da empresa, mas também pode ser geral, para toda a linha produtiva.</p> <p>A manutenção autônoma deve ser contemplada nesse plano, uma vez que a limpeza dos equipamentos mostra-se necessária para o seu pleno funcionamento.</p>

Fonte: Criado a partir de Faria (2013).

A partir do estabelecimento do plano de manutenção, segundo instruções de Pinto (2012) procede-se à implementação da metodologia TPM, que consiste nas fases descritas na Tabela 10:

**Tabela 08- Fases para implementação do TPM**

<b>Fase</b>	<b>Instruções</b>
1- Preparação	<p>Deve ser anunciado pela gestão de topo a intenção de implementar a metodologia TPM.</p> <p>Deve-se fazer a apresentação do conceito para os funcionários, salientando objetivos e benefícios a serem alcançados.</p> <p>Deve-se conscientizar os funcionários sobre o envolvimento deles no processo. Sem o comprometimento e a conscientização as demais fases fracassarão.</p> <p>Deve-se realizar treinamento de toda a empresa a cerca da metodologia antes de implementá-la. A informação mostra-se fundamental para que a metodologia seja adotada.</p> <p>Deve-se criar um grupo com evidência que será responsável em promover a implementação. Esse grupo deve definir as políticas e objetivos a serem alcançados pela Manutenção. Deve também transmitir essas informações aos departamentos.</p> <p>Deve-se criar o plano de manutenção propriamente dito e definir as etapas de implementação da metodologia. O plano deve contar com a características das várias atividades envolvidas e o tempo que deverá durar cada etapa da implementação.</p> <p>As informações devem ser de fácil percepção e compreensão.</p>
2- Introdução à metodologia TPM	<p>Treinamento dos funcionários para que recebam e compreendam todos os objetivos, políticas e metas definidas.</p> <p>Esclarecimento das atividades que serão realizadas, bem como sua calendarização (prazos).</p> <p>Processo de formação com operadores destinadas a eliminar as grandes falhas da linha produtiva.</p>
3- Implementação	<p>Aplicação de ferramentas para melhoria da eficácia e da qualidade (5s, por exemplo).</p> <p>Seleção dos equipamentos-alvos (aqueles que mais falham).</p> <p>Criar e avaliar os registros históricos sobre as falhas e a manutenção realizada.</p> <p>Aplicar os pilares da metodologia TPM.</p> <p>Reforçar a aplicação da manutenção autônoma como pilar fundamental para o sucesso da metodologia.</p> <p>Formar os operadores para que a manutenção autônoma torne-se eficiente.</p> <p>Deve-se desenvolver os operadores e inculcar nestes os Standards de manutenção, de limpeza, lubrificação e inspeção, sob supervisão do setor de manutenção.</p> <p>Implementar o programa de manutenção planejada seguindo o calendário com manutenções preventivas.</p> <p>Deve-se fazer uma gestão também dos equipamentos que serão adquiridos a partir da experiência com os equipamentos já em operação.</p> <p>Essa fase deve se tornar contínua.</p>
4- Consolidação	<p>Fase para controle e monitoramento dos resultados da implementação da metodologia TPM.</p> <p>Não deve ser fixa no tempo.</p> <p>Deve-se realizar auditorias para assegurar a continuidade da aplicação da metodologia, bem como para aprimorar os processos em melhoria contínua.</p>

Fonte: Criado a partir de Pinto (2012).

A partir dessas considerações aprofundou-se no estudo caso.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Antes da Metodologia TPM: caracterização da empresa e do produto

A empresa que aqui serve de modelo, atua na região de Taubaté-SP, no ramo automobilístico de produção de feltros para acústica de automóveis. A empresa será tratada como XP Autos.

O feltro, segundo o site Como fazer em Casa (2015), possui muitas utilidades:

Antigamente o feltro era fabricado de pelos de animais ou fios sintéticos agregados por um processo chamado calandragem. Este tipo de produto também é conhecido como TNT (Tecido não tecido) pois não é constituído por fios entrelaçados e sim por uma massa de fibras compacta, a calandra.

Os primeiros registros arqueológicos da fabricação do feltro se deram na Ásia (Mongólia e Turquia) que era utilizado na fabricação de mantas, tapetes e roupas e até tendas nômades. As vantagens do feltro como material fazem dele um material muito útil até hoje:

- O Feltro é ótimo isolante térmico, por isso sempre foi utilizado para fazer chapéus, revestimento de calçados e roupas de frio e acessórios.
- O Feltro apresenta grande capacidade de auto-limpeza não necessitando de lavagens constantes como no caso de outros tipos de tecido.
- É um ótimo regulador de umidade e isolante sonoro.

O feltro produzido pela empresa em questão, destina-se ao revestimento acústico de veículos automotores, principalmente carros de passeio e caminhões. Trata-se do Feltro Resinado, com espessura de 4 a 10 mm, pois apresenta maior firmeza e compactação, sendo também composto de fibras naturais e/ou sintéticas.

Cesário e Cunha (2015) explicam que por ter características como abafador do som e da luz, funcionar como regulador de umidade, ser um material isolador e um mal combustível, o feltro é utilizado até mesmo em tendas, mas são úteis principalmente em diversos tipos de artigos como bijuterias, roupas e chapéus, cachecóis, peças artísticas, mantas e tapetes.

A empresa fornece para as principais marcas de automóveis atuantes no país, dentre as quais se destaca a Mercedes, a MAN, a Volkswagen, a Toyota e a Honda.

O feltro (Figura 04) apresenta-se como material reciclável e não se suja facilmente, além de ser de fácil manuseio, o que permite que se aplique em diversas estruturas.



**Figura 04- Feltro e sua aplicação no revestimento de automóveis**

Fonte: [www.google.com.br/imagens](http://www.google.com.br/imagens)

O setor de interesse para o presente estudo é o de manufatura, que opera com uma máquina chamada Feilong Felt Line para a fabricação de feltros, conforme mostra a Figura 05:



**Figura 05- Feilong Felt Line – Modelo da máquina instalada na manufatura de feltro**

Fonte: <http://feilongmachinery.en.alibaba.com>

O sistema de produção é linha contínua, onde trabalham 21 (vinte e um funcionários), divididos em 3 (três turnos).

O setor conta atualmente com um plano de limpeza. Apesar de a empresa ser filial de uma líder mundial em produção de peças acústicas e térmicas para veículos de passeio e caminhões, a empresa não possui um plano de manutenção estruturado para atender às necessidades do setor.

A referida máquina gera prejuízos devido à problemas com:

- (1) variação de gramaturas;
- (2) variação de percentual de resina;
- (3) variação na distribuição do material; e
- (4) uniformidade do feltro.

Compreende-se que estes problemas fazem o produto ser reprovado no setor de qualidade, exigindo retrabalho, uma vez que esse material é reciclável.

Normalmente a máquina tem que ser parada por desgaste natural das peças e falta de manutenção preventiva. Dependendo do grau de dificuldade da troca da peça que precisa ser substituída a máquina pode ficar parada por quase 12 horas.

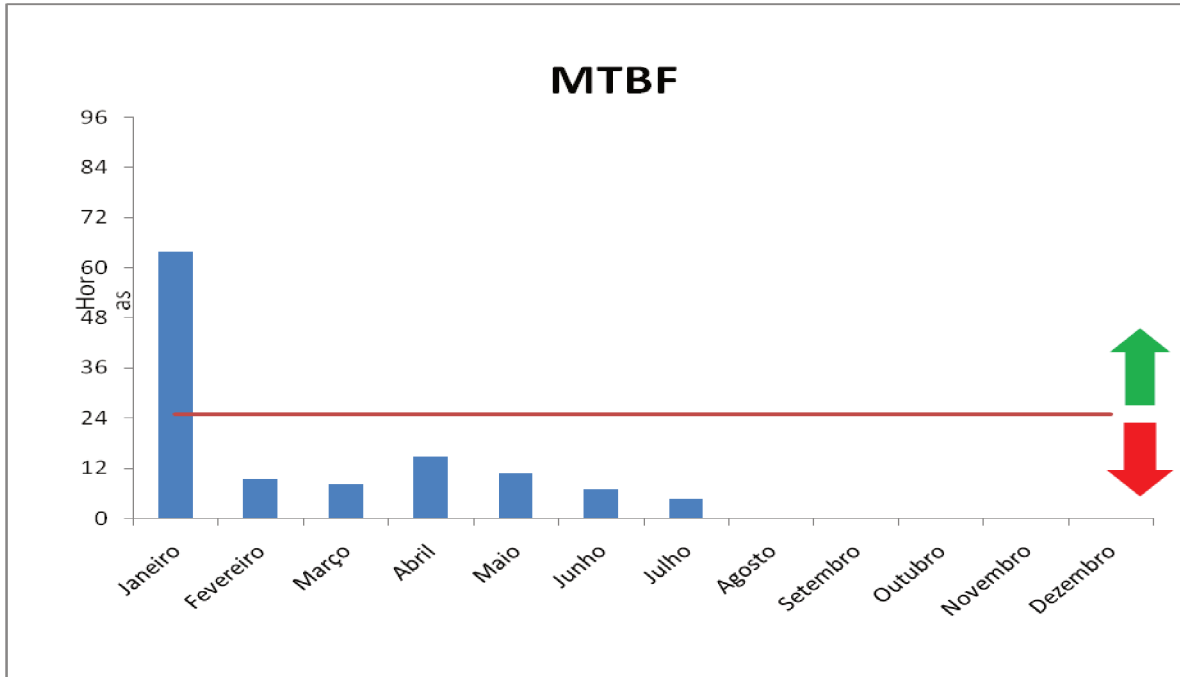
O setor de manutenção dá assistência no conserto a partir da orientação do coordenador de produção da equipe que opera nessa máquina.

A máquina referida não tem manual do fabricante. E a única orientação que os profissionais possuem sobre a manutenção do equipamento refere-se à manutenção autônoma (Plano de limpeza) que deve ser realizada por cada colaborador.

Atualmente produz diariamente aproximadamente 13.500 quilos de feltros, contudo, sua capacidade produtiva total é de 17.500 quilos diários.

Na manutenção autônoma não há documentos formais de *checklist*, as informações e conferência das configurações de *set up* e de segurança estão apenas na percepção do operador em turno. Mostra-se rotina conferir o *set up* das carregadoras e dos parâmetros de fabricação segundo o modelo de feltro que será produzido.

O indicador MTBF da empresa XP Autos, nessas condições são apresentados nas Figuras 05:

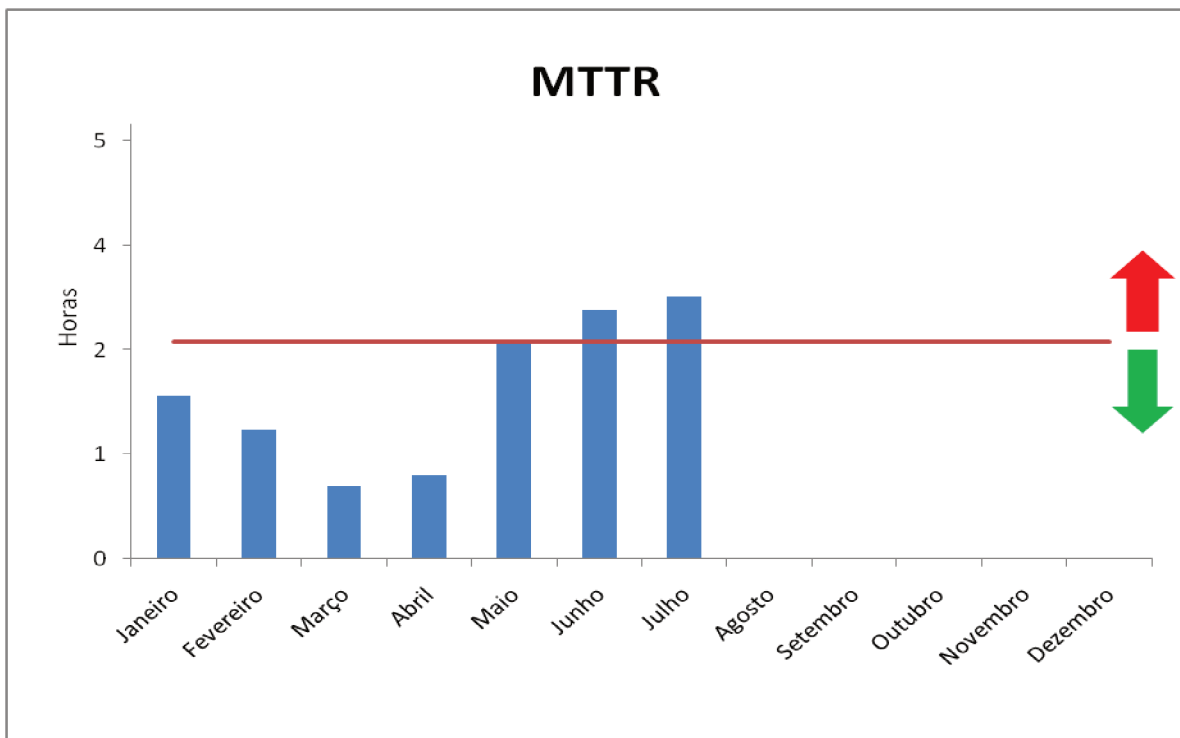


**Figura 06 – MTBF da XP Autos antes da TPM**

Fonte: Autor

Analisando o MTBF da empresa exposto na Figura 06, os últimos períodos está ruim, pois fica abaixo do indicador mínimo de confiabilidade aqui representado pela seta verde e linha-meta de tempo.

Já o indicador MTTR da XP Autos está representado na Figura 07:



**Figura 07 – MTTR da XP Autos antes da TPM**

Fonte: Autor

Considerando a Figura 07, a empresa XP Autos apresenta dificuldade de manutenção, pois nos últimos períodos apresentou picos de tempo de reparação que ultrapassam a linha-meta estabelecida como ideal, aqui representado acima da linha-meta com indicação da seta vermelha.

#### **4.2 Projeto elaborado dimensionado para fábrica pela metodologia TPM**

Conforme observado, os operadores e a manutenção não possuem o manual técnico do fabricante, e provavelmente isso contribui para que a máquina apresente tanto desgaste e gere tantas falhas.

Observou-se também a ausência dos registros de manutenção dessa máquina o que limita o estudo e a prevenção das falhas.

Segundo as instruções de Faria (2013), o plano de manutenção sugerido aqui deve ser criado a partir da seguinte sequência:

- (1) criação da Ficha do Equipamento, que exige a localização ou criação de um manual para o equipamento, sendo o ideal a localização do manual do fabricante;
- (2) Criação de um modelo de OSMP (Ordem de serviço de manutenção preventiva;
- (3) Padronização das Normas de Manutenção;
- (4) Estruturação de um plano geral de manutenção, que reúne as análises das informações anteriores a fim de eliminar as falhas e alcançar a produção ótima para a máquina.

Para apresentar a proposta de aplicação da metodologia TPM sugere-se inicialmente um trabalho educativo junto à equipe de operadores e de manutenção, inicialmente para que se introduza os pilares dessa metodologia.

Observa-se, segundo os pilares apresentados na teoria que alguns aspectos podem ser melhorados através da implantação da metodologia TPM. Parece comum as empresas não terem os manuais técnicos guardados e organizados de forma a proporcionar melhor e mais rápido acesso ao conhecimento de quem realiza a manutenção.

Nesse sentido, faz-se primordial que se aplique a segunda fase da implantação da metodologia TPM, que ocupa-se em criar mecanismos oficiais de registro para a criação de um banco de dados histórico da máquina. Essa prática facilitaria não só para a equipe de manutenção, como também para operadores e



técnicos externos que por ventura tivessem que ser chamados em casos de avarias mais sérias.

Utiliza-se aqui o modelo criado a partir do Word (Microsoft) para a Ficha do Equipamento, conforme modelo apresentado na Tabela 09:

**Tabela 09- Modelo de Ficha do equipamento**

<b>FICHA TÉCNICA DA MÁQUINA Nº: _____ 003 _____</b>				
<b>IDENTIFICAÇÃO: Máquina de Feltro Feilong</b>				
Designação: Fabricação de peças acústicas e térmicas				
Marca: Feilong		Modelo: NA		
Código: 0067		Nº de série: 00000073452-654		
Setor de operação: Linhas primárias				
Função: Produção de matéria-prima para transformação				
Especificação técnica do Fabricante: NT				
<b>CONSUMO EM CONDIÇÕES ÓTIMAS DE FUNCIONAMENTO (INSTRUÇÃO DO FABRICANTE)</b>				
<b>Produto</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Frequência de troca</b>	<b>Fornecedor</b>	<b>Especificação técnica</b>
Placa	14 toneladas	6 meses (2.520.000 toneladas)	Feilong	NT
<b>PLANO DE MANUTENÇÃO</b>				
<b>Nº</b>	<b>Atividades de Manutenção realizadas</b>	<b>Periodicidade</b>	<b>Responsável</b>	<b>Observações</b>
001	Autônoma	Diária	Operador	
002	Corretiva	Semanal	Manutenção	
003	Preventiva	Mensal	Manutenção	
004	Melhoria	Anual	Manutenção	
<b>REGISTRO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA</b>				
<b>Nº</b>	<b>Data</b>	<b>Tempo</b>	<b>Observações</b>	<b>Responsável</b>
	(vide anexo 1)			
<b>OBSERVAÇÕES</b>				
Anexar esquemas hidráulicos, mecânicos e elétricos, bem como fotos do equipamento devidamente plastificados em duas vias, uma na máquina e outra no arquivo do setor de manutenção.				

Fonte: Adaptado de Santos (2009)

Salienta-se ser importante a criação dessas informações devido à própria rotatividade de operadores e funcionários da manutenção. A saída repentina de um

técnico experiente pode comprometer o funcionamento da máquina por um tempo considerável devido à adaptação e à aquisição do novo técnico de manutenção. Outro fator que justifica a adoção dessa condição refere-se à dependência da empresa com relação ao profissional que dá a manutenção nesta máquina.

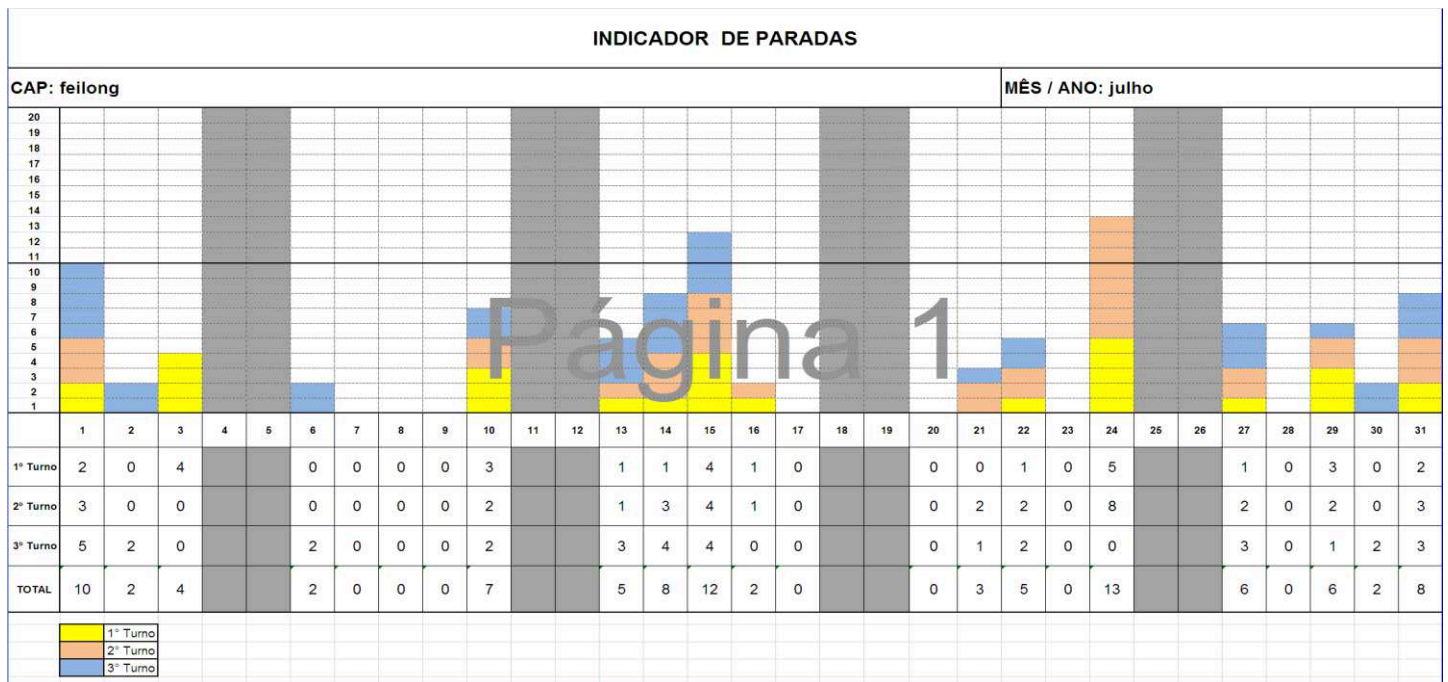
A próxima fase refere-se à padronização do serviço de manutenção, onde se sugere a aplicação da planilha, que pode ser feita tanto no Excel (Microsoft), quanto no Word (Microsoft), quanto manualmente. A vantagem de utilização da tecnologia está na distribuição e no arquivamento dessa informação. Observe o modelo apresentado na Tabela 10:

**Tabela 10- Modelo de Ordem de Serviço para Manutenção Corretiva**

Data de Solicitação	Prioridade	Início	Fim	Máquina Tipo	Tempo gasto	Setor	Técnico	Avaria	Manutenção dada	Comentários

Fonte: Adaptado de Santos (2009).

Para melhor controle dos custos indiretos envolvidos na perda de produtividade pode-se adotar a planilha da Figura 08:

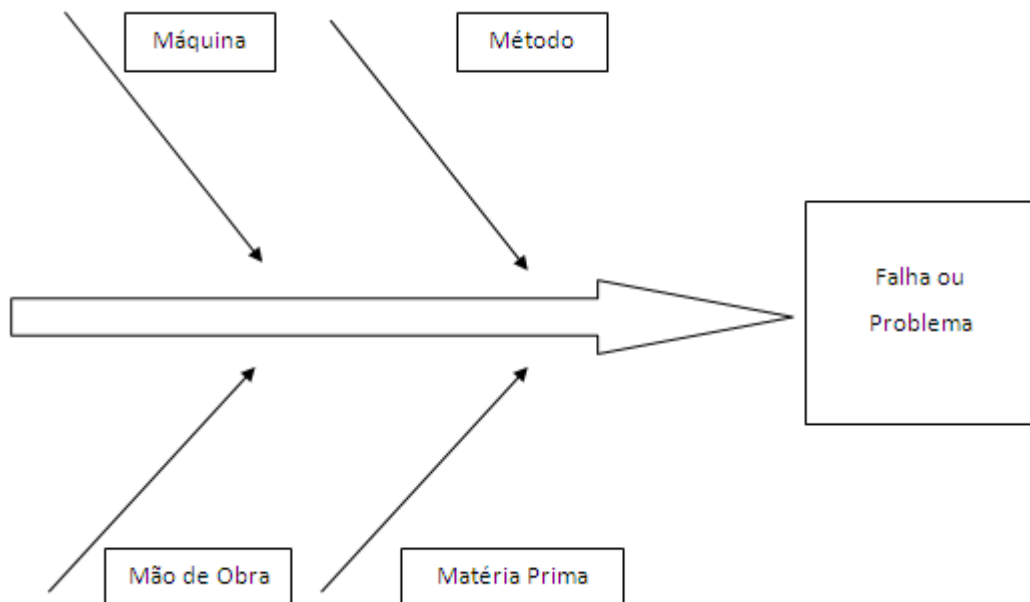


**Figura 08- Modelo de indicador de paradas**

Fonte: Autor

Acredita-se que com essa padronização, em um período curto, de 30 dias, por exemplo, a empresa já terá um conhecimento mais profundo a cerca das condições de funcionamento dessa máquina.

A partir desse ponto, identificado os problemas mais comuns, compreende-se ser interessante a aplicação do diagrama de Pareto ou Diagrama de causa-efeito (*Ishikawa Diagram*), que conforme Faria (2013) pode ser organizado de acordo com a Figura 09:



**Figura 09- Diagrama de Causa-efeito**

Fonte: Faria (2013, p. 22)

Com o diagrama de Causa-efeito, baseado nas informações preliminares recolhidas do registro de 30 dias de manutenção na máquina do setor de manufatura, bem como a comparação com as determinações técnicas do fabricante, mostra-se possível traçar um plano inicial de manutenção pela metodologia TPM, implantando os demais pilares da manutenção. O foco aqui deve ser a manutenção preventiva, que proporciona um melhor aproveitamento da máquina instalada.

O plano de manutenção deve possuir as seguintes informações constantes da Tabela 14:

Tabela 11- Plano de TPM do setor de manufatura de feltro

Período	Classificação Da Manutenção	Atividades Desenvolvidas	Responsável	Com o quê?	Como
<b>Diário</b>	Autônoma	Limpar o equipamento. Conferir o <i>checklist</i> do <i>set up</i> . Conferir os parâmetros de produção conforme modelo de feltro	Operador	Acessórios de produção	Segundo treinamento do fabricante
<b>Semanal</b>	Corretiva	Lubrificação das engrenagens.	Operador	Acessórios de produção	Segundo treinamento do fabricante
<b>Mensal</b>	Preventiva	Verificação dos desgastes das peças.	Técnico da manutenção	Ferramentas específicas da máquina	Segundo especificação do fabricante.
<b>Semestral</b>	Preventiva	Substituição de peças com desgaste avançado.	Técnico da manutenção	Ferramentas específicas da máquina	Segundo especificação do fabricante.
<b>Anual</b>	Melhoria	Substituição de máquinas ou peças com muitas exigências de manutenção. Adaptações para reduzir o desgaste excessivo da máquina.	Gestão administrativa. Operador. Engenheiro de produção. Técnico da manutenção	Ferramentas específicas da máquina	Segundo necessidade da empresa, principalmente em termos de qualidade do produto e custos de manutenção.

Fonte: Criado a partir de Santos (2009)

O plano de manutenção ainda pode ser mais detalhado, contudo, não informações precisas sobre o custo e sobre o referido equipamento, por isso, aqui, não se optou pelo detalhamento. A intenção aqui é proporcionar passos essenciais para que a metodologia TPM seja implantada em um setor que não conta com nenhum plano estruturado para a questão da manutenção, principalmente sobre a manutenção preventiva.

A manutenção autônoma deve ocorrer conforme as instruções da Figura 10 e 11:

	O Quê?	Duração	Como?	Ferramenta?
01	Checar balanças	10 seg.	visual	-
02	Checar carregadores 2, 3, 4 e 5	10 seg.	visual	-
03	Checar painéis de controle	10 seg.	manual	-
04	Checar a limpeza da ventilação dos motores	10 seg.	manual	-
05	Checar condições das escadas	10 seg.	manual	-
06	Checar condições das proteções	10 seg.	manual	-
07	Checar botões de emergência	10 seg.	manual	-
08	Checar sistema magnético	10 seg.	manual	-
09	Checar esteiras	10 seg.	visual	-
10	Checar indicadores dos instrumentos	10 seg.	manual	-
11	Checar sistema de lubrificação	10 seg.	visual	-
12	Checar queimadores	10 seg.	visual	-
13	Checar manômetros	10 seg.	visual	-
14	Checar facas de refil	10 seg.	visual	-
15	Checar guilhotina	10 seg.	visual	-
16	Checar condições sistema de filtragem	10 seg.	visual	-

Figura 10- Orientações para manutenção autônoma

Fonte: Autor

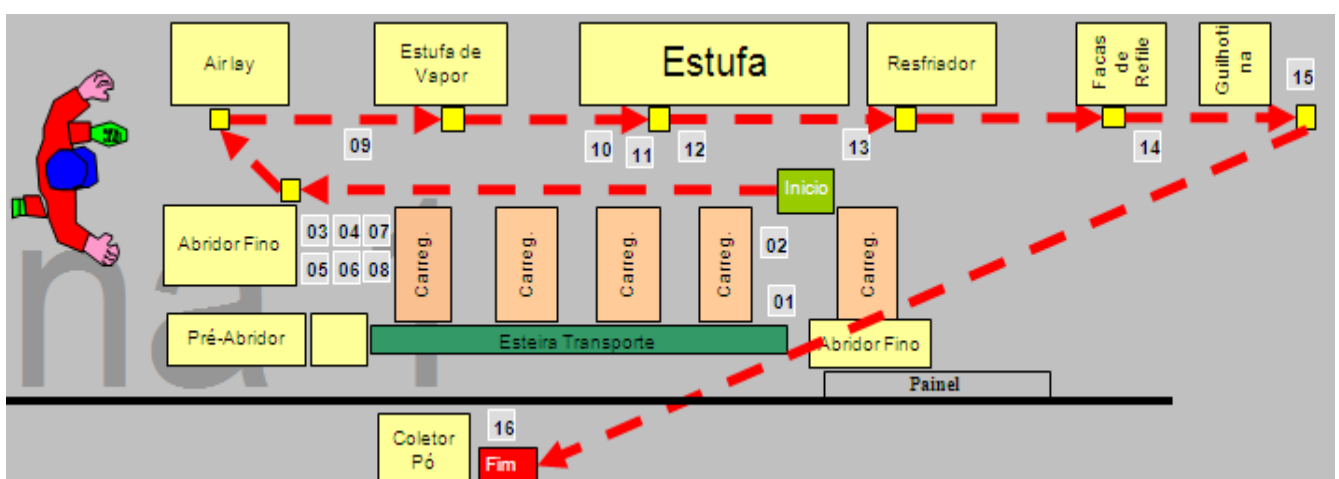


Figura 11- Trilha de inspeção autônoma

Fonte: Autor

Como cronograma para a implantação deste plano sugere-se, na Tabela 15:

**Tabela 12- Cronograma de implantação da metodologia TPM**

Atividades	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>Apresentação da metodologia TPM aos funcionários da empresa.</b>												
<b>Treinamento da metodologia TPM aos funcionários envolvidos com a máquina.</b>												
<b>Criação da ficha do equipamento.</b>												
<b>Aquisição de informações junto ao fabricante da máquina</b>												
<b>Criação dos modelos padronizados para organização das informações.</b>												
<b>Treinamento da nova rotina de atividade.</b>												
<b>Implantação e acompanhamento dos primeiros resultados da aplicação da metodologia TPM</b>												
<b>Estruturação do plano de manutenção</b>												
<b>Implantação e adoção do plano de manutenção</b>												
<b>Avaliação do plano implantado</b>												
<b>Ciclo PDCA</b>												

Fonte: Autor

Os resultados esperados da aplicação deste modelo são rapidamente identificáveis como redução, se não eliminação, das paradas por falhas inesperadas, queda de desperdício da matéria-prima, bem como redução do tempo ocioso da máquina e prejuízo por perda de qualidade do material ou desperdício da capacidade produtiva.

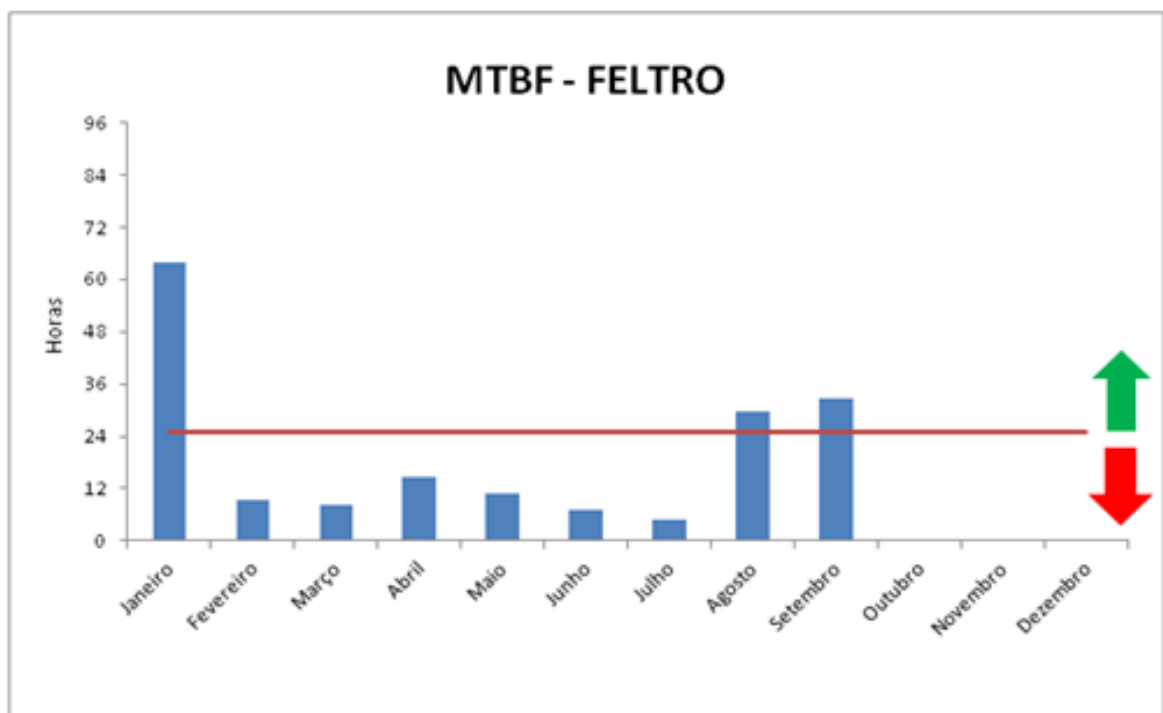
A avaliação dos resultados deve ser feita por comparação estatística da série inicial com a série final. A partir dos resultados deve-se aplicar o ciclo PDCA para corrigir falhas e melhorar o processo.

Espera-se que no primeiro ano de implantação da metodologia a empresa esteja em fase de aprendizado, contudo, à medida que praticam os preceitos,

certamente os resultados apresentaram melhoras significativas, inclusive na segurança e qualidade de vida no trabalho para o operador, confirmando a adoção como diferencial competitivo.

#### 4.2.1 Resultados após a implantação

Após a implantação pode-se observar alterações produtividade em questão. Considere a Figura 12 e 13:

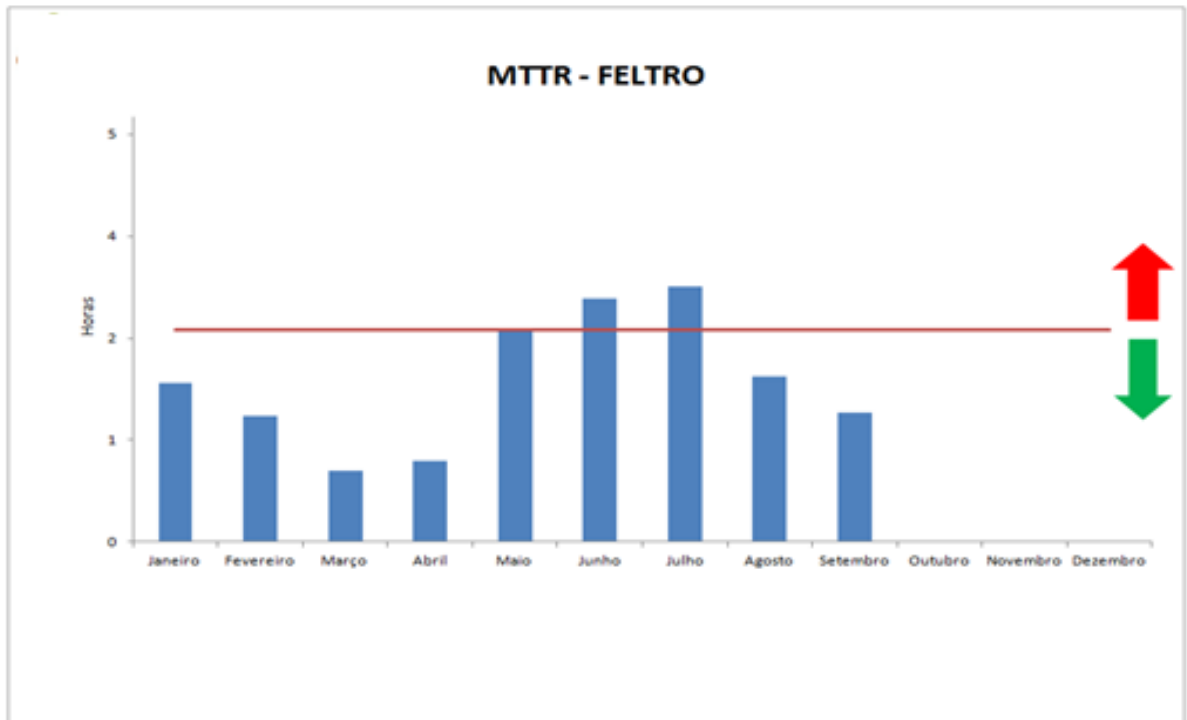


**Figura 12 – MTBF da XP Autos após TPM**

Fonte: Autor

Analisando o MTBF da empresa exposto na Figura 06, e comparando com o exposto nos últimos períodos (Figura 12) verifica-se melhora na condição, pois fica o indicador mínimo de confiabilidade ultrapassa a linha-meta de tempo, estando na representação de seta verde.

O MTTR também apresentou melhora, conforme mostra a Figura 08



**Figura 13 – MTBF da XP Autos após TPM**

Fonte: Autor

Considerando a Figura 13, a empresa XP Autos apresenta corrigiu as dificuldades de manutenção que estavam tendo, pois nos últimos períodos os tempos de reparação não ultrapassaram a linha-meta estabelecida como ideal, aqui representado acima da linha-meta, agora com indicação verde.

### 4.3 Considerações Finais sobre o Estudo de Caso

Considera-se que a metodologia TPM pode melhorar os resultados dessa organização em termos de qualidade do produto, redução de custos operacionais por causa da redução dos tempos de parada.

As iniciativas encontram maior dificuldade no interesse organizacional em manter os esforços da TPM como cultura organizacional. Velhos hábitos são tão nocivos à produtividade, quanto problemas reais de manutenção.

Salienta-se também que a partir das informações de funcionamento ótimo da máquina, compreende-se que as etapas dependem basicamente dos esforços das equipes envolvidas.



Aproveita-se a consideração de Santos (2009, p.49) que salienta: "[...] os planos de manutenção preventivas parecem ser ajustados aos do fabricante. Convém é que sejam religiosamente cumpridos".

O presente instrumento de pesquisa permitiu compreender que a metodologia TPM – Manutenção Produtiva Total, se ocupa de minimizar as falhas do processo produtivo até chegar à falha zero, contudo precisa dos equipamentos da linha de produção funcionando na sua condição ótima de produção, o que depende do bom uso do equipamento, além das paradas programadas para a manutenção preventiva.

Os pilares da metodologia permitiram traçar o perfil que uma empresa precisa ter para que alcance resultados positivos e desenvolvimento de vantagem competitiva em estratégia.

Compreendeu-se ser fundamental que a empresa tenha um procedimento de manutenção autônoma para que o operador realize diariamente, bem como planos de manutenção preventiva, corretiva e de melhoria. Para isso parece evidente a necessidade de processos padronizados e registrados.

Até este ponto tudo parece normal e simples de ser aplicado e desenvolvido dentro de qualquer organização, principalmente dentro das empresas de grande porte. Contudo, a análise dos materiais que fundamentaram este estudo de caso, relataram que a maioria das empresas não possuem planos de manutenção estruturados.

Conforme encontrou-se na teoria, as organizações operam no sistema de manutenção de emergência, da mesma forma que foi relatado aqui no estudo de caso. Compreende-se que paradas constantes geram prejuízos financeiros para a empresa, além de comprometer a competitividade da organização.

O plano de manutenção não se mostra tão complexo de ser implementado. Seu fator crítico de sucesso está na adoção de seus preceitos por parte dos colaboradores que operam as máquinas. A mudança cultural de uma organização mostra-se desafio sempre.

Estruturado de forma simples sobre a ficha do equipamento, bem como do acompanhamento das ordens de serviços da manutenção preventiva, o plano de manutenção mostra-se rico em aprimorar o uso e a conservação do equipamento. Não obstante, a empresa ganhará rapidamente maior produtividade, qualidade no produto fabricado, além de reduzir o prejuízo que a empresa enfrenta com as

paradas emergenciais que precisa realizar quando a máquina quebra, "sem aviso prévio".

O presente estudo de caso da manufatura de feltro mostrou-se um caso enriquecedor. Permitiu a criação de um plano de manutenção para a referida organização e trouxe como contribuição relevante a percepção de como o parque produtivo nacional ainda não aplica conceitos tão antigos de funcionamento, que deveriam ser parte da rotina de qualquer organização. Os prejuízos causados principalmente por máquinas e trabalhadores ociosos, justificam a adoção da metodologia TPM.

Não realizar manutenções periódicas constantes nas linhas de produção certamente oneram os custos de produção. Quando se observa a ausência de um plano de manutenção dentro de uma organização, não fica difícil entender porque o Brasil enfrenta tantas dificuldades em termos competitividade do seu produto no mercado, principalmente externo.

A metodologia TPM já está disponível no mercado à muito tempo, contudo, nacionalmente, poucas empresas aplicam-na.

## 5 CONCLUSÕES

Para planejar a TPM, maximizando o potencial produtivo da empresa e desenvolvendo vantagem competitiva, há que se conhecer os detalhes do equipamento, criar um banco de dados que permita traçar uma tendência, bem como implantar e aplicar os pilares dessa metodologia.

Compreende-se Manutenção Produtiva Total, metodologia TPM, os esforços em aplicar conceitos de manutenção e prevenção de desgaste desnecessário dos equipamentos utilizados na linha de produção. Os pilares dessa metodologia são: (1) melhorias individuais; (2) manutenção autônoma; (3) manutenção planejada (preventiva e corretiva); (4) capacitação e treinamento; (5) controle do equipamento; (6) manutenção da qualidade; (7) padronização dos processos (TPM Office); e (8) segurança e meio ambiente.

A utilidade do plano de manutenção está em fornecer às equipes de produção e manutenção informações precisas sobre o funcionamento da máquina, bem como em organizar o serviço de manutenção sem prejudicar a produtividade da organização.

As organizações que aplicam a metodologia ganham em competitividade diretamente pela redução dos custos operacionais, bem como pela qualidade do produto e melhor aproveitamento dos equipamentos disponíveis.

Ter sempre as máquinas trabalhando na condição ótima, além da disponibilidade, contribui para que os serviços internos sejam mais calmos e a equipe trabalhe tranqüila, indiretamente, pode-se compreender que o plano de manutenção ultrapassa sua própria função e contribui, inclusive para a qualidade de vida no trabalho, o que atende ao último pilar da metodologia, proporcionar segurança, saúde e preservação do meio ambiente.

Ficou evidente a aplicabilidade da Metodologia TPM devido aos dados obtidos no MTTR e no MTBF, que por uma implantação simples de manutenção preventiva e corretiva já permitiu perceber ganho de produtividade da máquina.

Concluí-se que a metodologia TPM mostra-se uma ferramenta capaz de oferecer resultados positivos à organização que seguir corretamente suas orientações.

## REFERÊNCIAS

ALVES, R.de P.; FALSARELLA, O.M. Modelo conceitual de inteligência organizacional aplicada à função manutenção. **Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação (ENANCIB)**. Florianópolis, sc. 2005, p.01-14.

AZEVEDO, A.A.de. **Otimização da manutenção preventiva em Linhas de Montagem**: Estudo de caso em uma empresa de manufatura contratada do setor eletroeletrônico. [Monografia de pós-Graduação]. Belo Horizonte: UFMG, 2007.

BELLO, G.C.de. **Planejamento da política de manutenção preventiva com aplicação de simulação computacional**. [Monografia de graduação]. São Paulo: USP, 2008.

CARRIJO, J.R.S.; LIMA, C.R.C. Disseminação TPM – Manutenção produtiva total nas indústrias brasileiras e no mundo: uma abordagem construtiva. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2008, P. 01-09.

CRUZ, L.G. da. **Manutenção Produtiva Total**: Implementação numa fundição de alumínio. [Dissertação de Mestrado]. 2009. Disponível em <http://ria.ua.pt> Acesso em 01/06/2015.

FARIA, N.A.C.de. **Elaboração e implementação de um plano geral de manutenção preditiva preventiva e curativa na Lipor- Serviço intermunicipalizado de gestão de resíduos do Grande Porto**. [Dissertação de mestrado]. Porto- PT: FEUP, 2013.

FERREIRA, S.A. **Evolução do gerenciamento de processos através da metodologia TPM e os desafios do pós-implementação em uma empresa de grande porte**. [Dissertação de Especialização]. Ponta Grossa: UTFPR, 2012.

MARINHEIRO, J.B.M. **A manutenção produtiva total e a produtividade**: estudo de caso em uma indústria. [Dissertação de pós-graduação]. Recife: UFPE, 2013.

NANCABÚ, P. **Procedimento para manutenção preventiva na empresa de resíduos sólidos urbanos do centro "ERSUC"**. [Dissertação de mestrado]. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2011.

OLIVEIRA, D.S.de. **Implementação da metodologia TPM em uma indústria de higiene pessoal, saúde e beleza**. [Monografia de graduação]. Guaratinguetá: UNESP, 2012.

PINTO, J.N.F. **Implementação da metodologia TPM em uma empresa de produção de elevadores**. [Tese de mestrado]. 2012. Disponível em <http://repositorium.sdum.uminho.pt> Acesso em 01/06/2015.

SANTOS, M.J.M.F dos. **Gestão da Manutenção do Equipamento**. [Projeto de mestrado]. Porto- PT: FEUP, 2009.

SOUZA, J.B.de; SACOMANO, J.B.; PAPALARDO, F. A função manutenção em usinas siderúrgicas. **Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica**. v. 18, n. 2, , 2014, p.19-33.

TONDATO, R. **Manutenção Produtiva Total**: Estudo de caso na indústria gráfica. [Dissertação de mestrado]. Porto Alegre: UFRGS, 2004.

