

UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Departamento de Engenharia Electromecânica

“Estudo da Interacção de Filosofias de Planeamento da
Produção com a Manutenção Industrial”

Artur Jorge Duarte Dias

Dissertação para a obtenção de Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Covilhã, 2010

UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Departamento de Engenharia Electromecânica

“Estudo da Interacção de Filosofias de Planeamento da
Produção com a Manutenção Industrial”

Artur Jorge Duarte Dias

Dissertação para a obtenção de Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Sr. Professor Doutor Fernando Manuel Bigares Charrua Santos

Co-orientador: Sr. Professor Doutor Carlos Manuel Pereira Cabrita

À Sofia, ao Gil e à Inês por acreditarem em mim

Numa fase em que a diferenciação das empresas incide na capacidade de redução dos custos e na procura de perda zero, vários foram os modelos que, tanto no oriente como no ocidente, surgiram com o intuito de fazer face ao problema.

Lean Manufacturing, Just-in-time, Kanban, Cinco S's, Total Productive Maintenance (TPM), Total Quality Management (TQM), etc., foram apenas alguns dos modelos e filosofias mais conhecidos na gestão industrial.

Apesar desta variedade, não podemos esquecer que todos eles foram criados com o mesmo propósito e finalidade, a eliminação de desperdícios, a redução de custos e a continuidade da máxima disponibilidade dos equipamentos e das instalações. Nesse sentido, iremos estudar se, no geral, os modelos de gestão industrial possuem elementos comuns ou semelhantes entre si.

A análise histórica da indústria revela-nos que quando surgem fases de crise na economia, a sobrevivência das empresas, na maioria dos casos, depende de uma boa reorganização da estrutura interna, onde a gestão da produção e a gestão da manutenção têm papéis relevantes.

Palavras-chave: Produção; Manutenção; Qualidade, Manutenção Industrial; Gestão Industrial; Gestão da Produção.

Abstract

At a time when the companies differentiation focuses on the ability to reduce costs and on the zero loss demand, there were several models in both the East and West that emerged in order to cope with the problem.

Lean Manufacturing, Just-in-time, Kanban, Five S's, Total Productive Maintenance (TPM), Total Quality Management (TQM), etc were just some of the most popular models and philosophies in the industrial management.

Despite this variety, we must not forget that they were all created with the same intention and purpose, which was the waste disposal, the reduction of costs and the continuity of the maximum availability of the equipment and facilities. Accordingly, we are going to study if, in general, the industrial management models have common or similar elements.

The historical analysis of the industry tells us that when there are stages of crisis in the economy, the survival of businesses depends in most cases on a good reorganization of the company's internal structure, where the production management and the maintenance management play the most important roles.

Keywords: Production, Maintenance, Quality, Industrial Maintenance, Industrial Management, Production Management.

Agradecimientos

Aos meus orientadores, Senhor Professor Doutor Fernando Manuel Bigares Charrua Santos e Senhor Professor Doutor Carlos Manuel Pereira Cabrita pelo incentivo, apoio, disponibilidade, confiança, amizade e supervisão desta dissertação.

À Universidade da Beira Interior, nomeadamente ao Departamento de Engenharia Electromecânica pela possibilidade que me facultou na minha aprendizagem.

À minha mulher, Sofia, pela paciência, apoio, carinho e compreensão durante todo o meu percurso académico.

Aos meus filhos, Gil e Inês, pelo carinho que sempre, mesmo nos momentos de ausência, me dedicaram.

À minha família por acreditar que era possível.

Aos meus amigos e a todos aqueles que mesmo inconscientemente me incentivaram a atingir este objectivo.

Resumo	i
Abstract.....	iii
Agradecimentos.....	v
Índice.....	viii
Índice de Figuras	xi
CAPÍTULO I - Introdução	1
Nótula Introdutória.....	2
Objectivos da Dissertação.....	4
Enquadramento.....	5
CAPÍTULO II - Manutenção.....	6
Definição de Manutenção	7
Objectivos da Manutenção.....	8
A Importância da Manutenção.....	9
Forma e Conceitos de Manutenção	10
Eficiência em Manutenção.....	15
Qualidade em Manutenção Industrial	16
Custos de Manutenção	19
Manutibilidade.....	21
Disponibilidade.....	23
Fiabilidade	24
Conclusão.....	26
CAPÍTULO III – Alguns Modelos de Gestão Industrial.....	27
“Lean Manufacturing”	28
Definição.....	28
Os Sete Desperdícios e sua eliminação	28
Os pilares do “Lean manufacturing”	32
Respeito pelas Pessoas	34
Exigências para a Implementação do “Lean manufacturing”.....	34
Vantagens na utilização do “Lean manufacturing”	35
Princípios operacionais do “Lean manufacturing”	36

“Just-in-Time”	37
Six Sigma (Seis Sigma).....	39
O que é o “Six Sigma”	41
Metodologia “Six Sigma”	43
O Segredo do Sucesso “Six Sigma”	44
Cuidados na Selecção do Projecto “Six Sigma”	45
“Lean Six Sigma”	47
“Kanban”	49
Total Quality Management TQM (Gestão da Qualidade Total)	50
CAPÍTULO IV – “Total Productive Maintenance” (TPM)	51
O Modelo TPM.....	52
A Origem do Modelo TPM.....	54
Os Objectivos da TPM.....	57
As Seis Principais Perdas na Produção	59
Os Oito Pilares do TPM	61
Os Cinco “S’s”.....	69
CAPÍTULO V – Comparação do TPM com Outros Modelos de Gestão.....	74
CAPÍTULO VI - Implementação	78
Fases de Implementação do Modelo TPM	79
Consequências da Implementação do Modelo TPM.....	88
Considerações Sobre a Implementação do Modelo	91
Conclusões Finais.....	93
Conclusão.....	94
Projectos Futuros	95
Bibliografia	96

Índice de Figuras

Fig. 1 – Linhas de força da manutenção	9
Fig. 2 – Esquema das diferentes formas de manutenção.	11
Fig. 3 – Fiabilidade se um sistema de manutenção preventiva.	12
Fig. 4 – Curva de tendência de um parâmetro de funcionamento de uma máquina.	14
Fig. 5 – Componentes de eficiência de um equipamento.	16
Fig. 6 – Factores e áreas de Qualidade em Manutenção.....	19
Fig. 7 - Ficha de custos de manutenção	20
Fig. 8 – Manutibilidade e disponibilidade	22
Fig. 9 – Disponibilidade Operacional	23
Fig. 10 – Gráfico do custo de posse de um equipamento	25
Fig. 11 - Os pilares do “ <i>Lean Manufacturing</i> ”.	32
Fig. 12 – Exemplos da escala Sigma. Fonte [15]	41
Fig. 13 – Pilares do “ <i>Six Sigma</i> ”. Fonte [32]	44
Fig. 14 – DMAIC. Fonte [15].....	47
Fig. 15 - Fluxo de dois Kanban. Fonte [19].....	49
Fig. 16 - Quadro exemplificativo das gerações <i>TPM</i>	56
Fig. 17 - Os oito pilares do TPM. Fonte [9]	62

CAPÍTULO I - Introdução

Nótula Introdutória

Numa época em que a globalização é um factor incontornável em todos os sectores de actividade económica, a diferenciação das empresas reflecte-se na capacidade de redução ou eliminação total dos custos supérfluos e na procura de perdas zero aliados à manutenção dos mais elevados padrões de qualidade. No entanto, para se conseguir a redução de custos mantendo os equipamentos sempre em perfeitas condições de eficiência e produtividade, a produção, a qualidade e a manutenção têm de ser encaradas como estratégias fundamentais e não como actividades criadoras de despesa.

Paralelamente, os colaboradores da empresa assumem um papel fundamental nesta problemática. Tornava-se impossível cumprir todos os objectivos de qualidade e manutenção sem que a resposta dos funcionários da empresa fosse a mais dedicada possível. O profissional tem a responsabilidade de manter em perfeito estado de conservação, higiene e segurança o seu posto de trabalho e/ou o equipamento que opera.

Actualmente estas actividades dentro da empresa possuem um elevado peso tanto nos índices de produtividade como na implantação, consolidação e no prestígio das empresas no mercado. [1]

A implementação de uma filosofia de planeamento da produção numa empresa, consiste no desenvolvimento de metodologias adequadas à realidade da empresa no sentido de aumentar a produtividade, a qualidade dos produtos fabricados e proporcionar a todos os colaboradores um local de trabalho mais higienizado e seguro.

Claro que, caso não se verifique o total empenho e disponibilidade da administração, todo o processo seria impossível resultar. É de maior importância que a administração da empresa deposite total confiança num modelo de gestão e acredite na sua finalidade.

Atendendo aos elevados custos resultantes das paragens não programadas, por quebra ou avaria nos equipamentos, implicando custos de paragens de produção, testes de equipamento, tempos de arranque de produção, revisão da qualidade de produção, tempos de preparação, tempo dispendido pelos técnicos para a reparação da avaria, mão-de-obra

parada devido à paragem do equipamento, os custos inerentes à manutenção preventiva irão representar uma quantia muito inferior nos orçamentos das empresas.

No tempo presente, onde a globalização crescente em todos os sectores de actividade é uma realidade indiscutível, a competitividade é um factor primordial na sobrevivência das empresas, obrigando a padrões de qualidade até então nunca vistos. Por outro lado, para se conseguir assegurar esses elevados padrões de qualidade, aumentando simultaneamente a eficiência dos equipamentos envolvidos nos processos de fabricação, a “Função Manutenção”, associada à componente qualidade, no interior das empresas, representa uma área estratégica fundamental, com um peso elevadíssimo não só nos índices de produtividade, mas também na implantação, consolidação e prestígio das empresas no mercado. Como tal, a manutenção industrial e a qualidade e o seu controlo, são já, felizmente, encaradas como áreas científicas e tecnológicas com cada vez maior importância no domínio dos diversos ramos e actividades das engenharias.

Como salienta o Eng.º Monteiro Leite, Ex-presidente da Associação Portuguesa de Manutenção Industrial, “é sabido que na indústria moderna os pontos fracos podem originar anualmente custos 20 vezes mais elevados que o valor da própria instalação afectada e se apenas 0,1 por cento desses custos fossem investidos com oportunidade na análise da origem dos pontos fracos, poder-se-ia ter evitado 50 por cento dessas perdas.” [1]

Objectivos da Dissertação

A presente dissertação pretende ser um objecto de reflexão relativamente aos vários modelos e filosofias de gestão industrial, identificando os conceitos comuns e comparando os principais objectivos.

Após o estudo das matérias constantes na dissertação, ficamos muito mais consciencializados para as diferentes aplicações dos modelos, não só, na área da indústria, como também na área dos serviços.

A aplicabilidade de um modelo de gestão, encontra-se directamente relacionado com os objectivos da empresa e com a actividade produtiva.

O principal objectivo não será o aconselhamento de qual o melhor ou mais indicado modelo de gestão para determinada empresa, mas sim, dar a conhecer, num único documento, alguns dos mais usados nas indústrias dos países, industrialmente, mais desenvolvidos.

Enquadramento

Um dos grandes desafios da indústria mundial é encontrar soluções que consigam fazer face às crises que, com uma periodicidade mais ou menos certa, vão surgindo.

A implementação de um modelo de gestão é algo que tem de ser bastante ponderado pela administração das empresas. O ramo de actividade, o posicionamento estratégico da organização, a capacidade de investimento e os objectivos finais, não podem ser esquecidos na fase de decisão e escolha do modelo a adoptar.

Qualquer que seja o modelo adoptado tem, garantidamente, de poder contar com o total apoio e empenho da administração, para isso, esta tem de acreditar no potencial do modelo e convencer todos os colaboradores das vantagens da sua implementação. Caso os colaboradores não respondam positivamente às solicitações, corre-se o risco de não obter o sucesso pretendido. Por esse facto, a formação contínua de todos os intervenientes no processo, é um factor determinante para a eficaz implementação de qualquer modelo de gestão.

Sendo a indústria um dos sectores que mais rapidamente sofre as consequências das crises económicas, esta tem de estar continuamente atenta à evolução das tecnologias, dos materiais, dos processos de fabrico e dos mercados. A engenharia industrial em geral e os modelos de gestão em particular têm, obrigatoriamente, de se adaptar às variadas condições da indústria, como forma de fazer face aos desequilíbrios causados pelas crises e pela concorrência.

Sendo o modelo de gestão uma das ferramentas mais importantes em toda a organização empresarial, torna-se necessário tomar decisões com base no maior número de informações possíveis.

Com este trabalho é proposto o estudo de alguns modelos e/ou filosofias de gestão industrial que, consoante os objectivos, se adaptam melhor a cada tipo de organização.

É ainda analisada a interacção dos modelos gestão com os de manutenção industrial.

CAPÍTULO II - Manutenção

Definição de Manutenção

Ao estabelecermos uma relação homem/máquina podemos identificar a manutenção como a medicina das máquinas, ao estabelecer a analogia entre uma vida humana e a vida de uma máquina. A vida humana consiste, genericamente, em nascer, viver e morrer. Nas máquinas, podemos estabelecer esta mesma relação, uma vez que são fabricadas (nascem), mentem-se ao serviço, (vivem) e são abatidas (morrem). No que concerne à saúde humana, entre o nascimento e a morte, definem-se três fases distintas umas das outras:

- a) Recém-nascido e criança – onde se verifica um decréscimo de doenças típicas da idade;
- b) Adolescente e adulto – onde as doenças se vão revelando aleatoriamente;
- c) Idoso ou idade geriátrica – onde se verifica uma tendência para o aumento das doenças.

Refira-se que em cada uma das fases enumeradas, são usadas as estratégias médicas mais indicadas.

Genericamente, o comportamento das máquinas é semelhante ao do humano, i e, o aparecimento de avarias vai decrescendo após o arranque, vão ocorrendo aleatoriamente até uma determinada idade e ao aproximar do fim do ciclo de vida útil, a tendência é para o aumento do número de avarias. Analogamente, em cada uma das fases é usada uma estratégia de manutenção diferenciada.

Segundo Vítor Pinto, no livro “Gestão da Manutenção”, a função manutenção define-se como *“um conjunto integrado de actividades que se desenvolve em todo o ciclo de vida de um equipamento, sistema ou instalação e que visa manter ou repor a sua operacionalidade nas melhores condições de qualidade, custo e disponibilidade, com total segurança.”*.[2]

J. M. Torres Farinha, no livro “Manutenção das Instalações e Equipamentos Hospitalares”, embora referindo a inexistência de uma definição normalizada, aponta a *“combinação de acções de gestão, técnicas e económicas, aplicadas aos bens, para*

optimização dos seus ciclos de vida” como possível definição adequada para a manutenção. [3]

Como se verifica, existem diversas definições apresentadas para manutenção, sendo claro que, embora diferentes, não apresentam incongruências entre cada uma delas. [4]

Objectivos da Manutenção

Há cerca de quatro décadas a esta parte, a manutenção industrial era considerada uma tarefa secundária, nada produtiva e dispendiosa, normalmente alvo de grandes reduções em tempos de crise ou no caso de situações económicas difíceis.

Assim, com as exigências actuais, a função industrial de produzir bens ou serviços de qualidade, com continuidade e a preços competitivos, leva-a a elaborar programas de manutenção rigorosos, para cujo cumprimento é necessário o comprometimento das várias funções envolvidas.

O responsável pela Gestão da Manutenção, a quem há alguns anos atrás apenas se exigia que mantivesse as instalações e o equipamento em condições de funcionamento, surge hoje como um “homem-chave” da função industrial.

A função de gestão da manutenção consiste em manter as instalações e os equipamentos em bom estado de funcionamento ao nível correcto de eficiência produtiva e ao custo económico mais apropriado e reduzido possível. Nesse sentido, o Gestor de Manutenção deverá seguir os seguintes critérios:

- Definir o correcto volume económico do trabalho de manutenção;
- Promover as medidas de manutenção adequadas, na altura própria;
- Criar os mecanismos de controlo de custos e elevar estes a níveis aceitáveis e compatíveis com a segurança e a qualidade exigíveis.

Para poder cumprir a missão, a manutenção recorre a um diversificado conjunto de tarefas seleccionadas e programadas. Estas tarefas são, por exemplo, a lubrificação, a

limpeza, a reparação, a substituição, a modificação, a inspecção, a calibração, a revisão geral ou o controlo de condição.

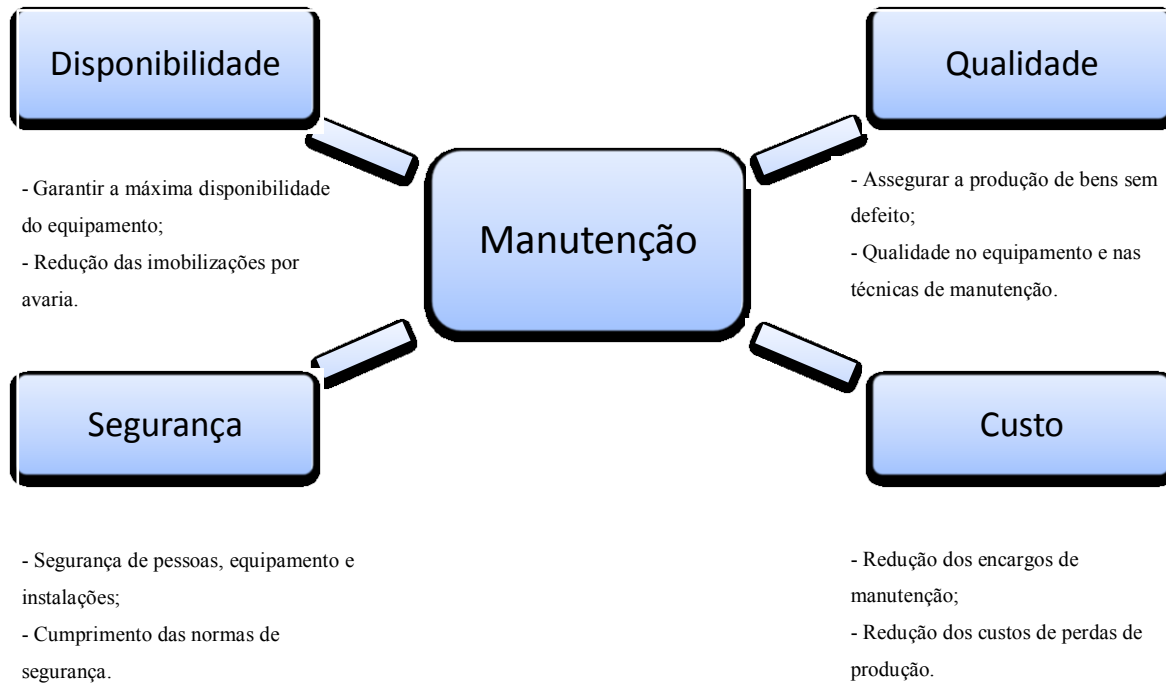


Fig. 1 – Linhas de força da manutenção

Pode então definir-se a função da manutenção como um conjunto integrado de actividades que se desenvolve em todo o ciclo de vida de um equipamento, sistema ou instalação e que visa manter ou repor a sua operacionalidade nas melhores condições de qualidade, custo e disponibilidade, com total segurança. [5]

A Importância da Manutenção

A importância da Manutenção, para além das razões económicas e de operacionalidade das instalações, centra-se também na:

- ✓ Qualidade da Produção;
- ✓ Meio ambiente;

- ✓ Poupança energética;
- ✓ Segurança e Higiene Industrial.

A manutenção pode também intervir na melhoria de qualidade do produto, através de:

- ✓ verificação periódica de tolerâncias e folgas de mecanismos;
- ✓ garantia de boa operação dos mecanismos de regulação e controlo;
- ✓ calibração programada de todos os instrumentos de indicação e medida;
- ✓ criação de condições ambientes adequadas a boa operação dos equipamentos. [5]

Forma e Conceitos de Manutenção

Formas de Manutenção

A forma mais antiga de manutenção de que se teve conhecimento consistia na operação do equipamento até à fase de ocorrência de uma avaria para posteriormente se proceder à sua reparação. É o tipo de manutenção conhecida como Resolutiva, Curativa ou Correctiva.

Uma vez que reagia ao acontecimento depois da sua ocorrência diz-se que é uma manutenção do tipo reactivo.

As outras técnicas de manutenção que, por agirem antes da ocorrência da avaria, são designadas por proactivas.

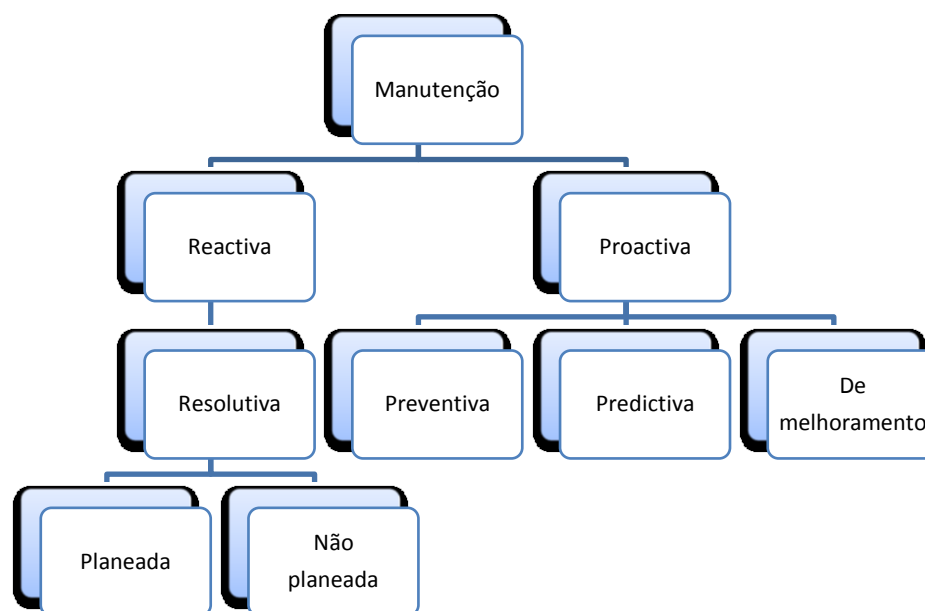


Fig. 2 – Esquema das diferentes formas de manutenção.

Manutenção Preventiva

Esta forma de manutenção aplica-se aos elementos que, de alguma forma, provocam uma perda de produção ou causam custos de paragem imprevisíveis, classificados como importantes para a empresa (órgãos da categoria A de uma curva ABC). É de todo conveniente organizar um sistema de manutenção visando minimizar essas paragens de forma a manter os índices de produtividade elevados.

Para tal, podemos utilizar duas formas de manutenção preventiva:

- *Manutenção preventiva sistemática* que se direcciona para os elementos da categoria A.
- *Manutenção predictiva ou condicionada* que se aplica a órgãos com um custo de substituição elevado e que podem ser vigiados por métodos não destrutivos (análise de vibrações, de óleo, de temperatura).

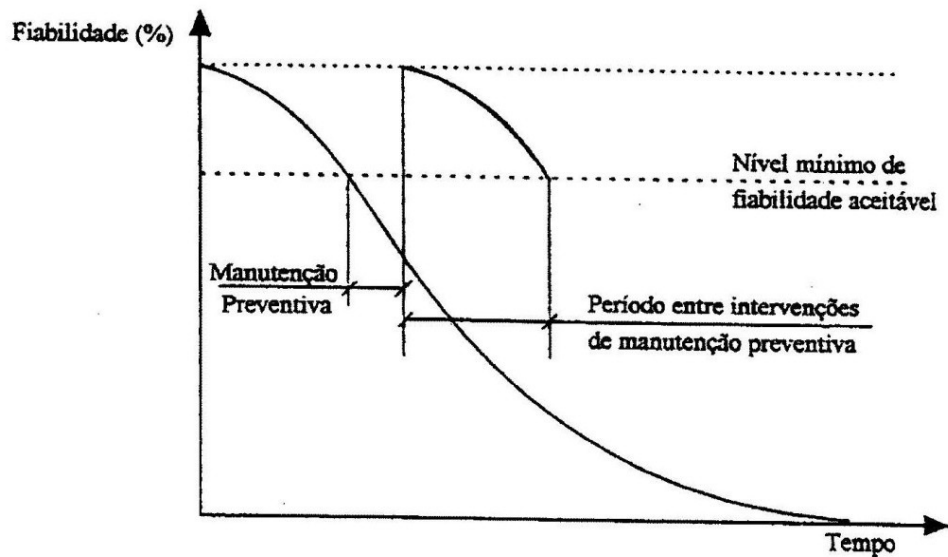


Fig. 3 – Fiabilidade se um sistema de manutenção preventiva.

Para colocar em prática este tipo de manutenção é necessário decompor as máquinas em elementos que podem sofrer manutenção. Os elementos referidos devem ser verificados e substituídos com regularidade. A periodicidade das verificações é estabelecida pelo estudo das leis da duração de vida. As gamas de manutenção serão elaboradas de maneira a precisar o trabalho a executar pela equipa de manutenção. Esta deverá elaborar um relatório que deverá realçar os resultados das diversas medidas e observações. [5]

Manutenção Preventiva Sistemática

A manutenção preventiva sistemática consiste na execução planeada, com periodicidades fixadas, de tarefas de manutenção como por exemplo, a lubrificação, a regulação/afinação, a substituição ou a revisão geral, com o intuito de minimizar o risco de ocorrências de avarias graves.

É indicada para os equipamentos ou sistemas que possuam um padrão de comportamento com alguma regularidade.

As vantagens deste tipo de manutenção, decorrem, principalmente, do facto de ser planeada e preparada o que permite:

- Uma redução do trabalho extraordinário;
- Uma redução do tempo de imobilização dos equipamentos e sistemas;
- Uma previsão atempada dos consumos de materiais e peças de reserva;
- Uma criação de stocks de produtos fabricados para satisfazer o mercado, no período de imobilização das instalações;
- Um aumento da segurança dos operadores e do equipamento.

Os inconvenientes residem normalmente:

- Na redução da vida útil das peças (substituídas antes de avariarem);
- Na incapacidade de prever a ocorrência da avaria;
- No risco de introduzir danos nos equipamentos ao intervencioná-los.

O conceito de manutenção preventiva sistemática fundamenta-se no estudo da fiabilidade dos sistemas e dos seus componentes. Obriga à definição dos períodos de intervenção, assim como à definição dos tempos entre intervenções. Ambos os tempos são constantes e dependem de estudos sobre a fiabilidade de falha, para cada equipamento. A manutenção preventiva correctamente programada, permite-nos manter um nível alto de fiabilidade.

Para os conjuntos mecânicos as diferentes operações podem ser:

- ✓ A substituição;
- ✓ A regulação;
- ✓ O controlo. [5]

Manutenção Preditiva ou Condicionada

A manutenção preditiva ou condicionada é adequada para equipamentos cuja avaria possa ser prevista através de uma degradação de características susceptíveis de serem detectadas por medição, observação ou análise (vibrações, termografia, análise de óleos de lubrificação, inspecção radiográfica, etc.).

Este tipo de manutenção apresenta vantagens que resultam da sua melhor capacidade de detectar quando e onde é necessária a intervenção da manutenção, permitindo aproveitar ao máximo a vida útil do material e reduzir a necessidade de utilização de peças de reserva.

Permite ainda reduzir o número de avarias previstas, com conseqüente maior disponibilidade do material e facilitar o diagnóstico da avaria, com a conseqüente redução do tempo de paragem.

Como inconvenientes tem, o facto de não poder aplicar-se a todos os equipamentos e sistemas, o equipamento de apoio ser caro e requerer técnicos especializados para o seu manuseamento e interpretação dos dados obtidos.

A análise dos parâmetros de funcionamento da máquina (vibrações, temperatura, etc.), permite prever a ocorrência de falhas, através da tendência evolutiva do parâmetro em análise por comparação com valores padrões. [6]

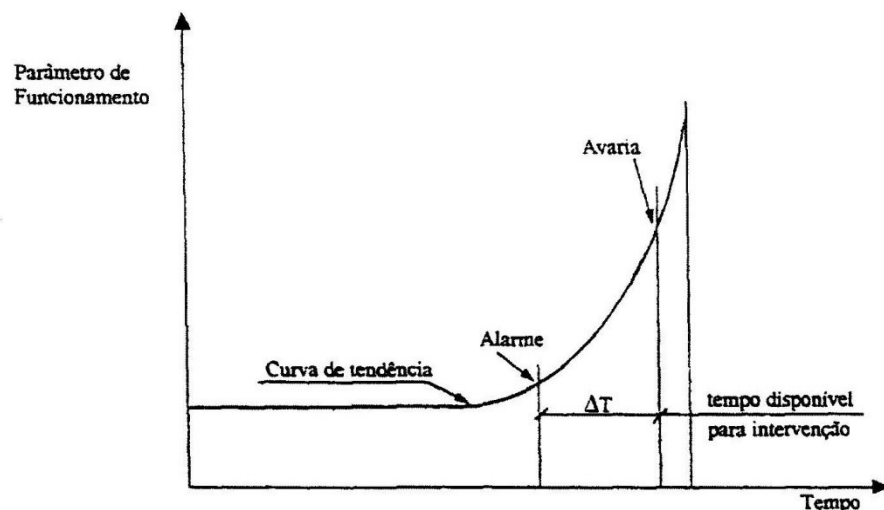


Fig. 4 – Curva de tendência de um parâmetro de funcionamento de uma máquina.

O planeamento de um programa de manutenção condicionada desenvolve-se nas fases seguintes:

- Selecção das instalações e equipamentos;
- Selecção das técnicas a utilizar;
- Definição do programa;
- Definição dos padrões;
- Recolha de dados;
- Análise dos dados;
- Análise e correcção das avarias. [6]

Manutenção de Melhoramento

Nasce do facto de que as outras formas de manutenção não poderem conferir aos equipamentos mais fiabilidade do que a inerente ao seu projecto de construção. A única forma de melhorar a sua resistência à avaria é modificar as suas características iniciais, por reconstrução, modificação ou substituição de partes, quer sejam recomendadas pelo fabricante, quer estudadas pelos técnicos do utilizador, para corrigir defeitos ou omissões de origem. [5]

Eficiência em Manutenção

A disponibilidade das instalações de produção, é um problema que preocupa cada vez mais um maior número de empresas, nomeadamente nas indústrias em vias de automatização.

A manutenção tornou-se assim a actividade fundamental para atingir a competitividade, enquanto, a não-manutenção, aparece como o corolário da não-qualidade.

A eficiência da manutenção passa pela organização, pela repartição das responsabilidades e sobretudo, pela utilização e pelo domínio das ferramentas específicas que tem ao seu dispor.

Uma manutenção eficiente, traduz-se em:

- Aumento da disponibilidade dos equipamentos e instalações;
- Aumento da vida útil dos equipamentos;
- Melhoria qualitativa e quantitativa da produção;
- Redução dos custos de manutenção;
- Melhoria das condições de segurança das instalações e das pessoas.

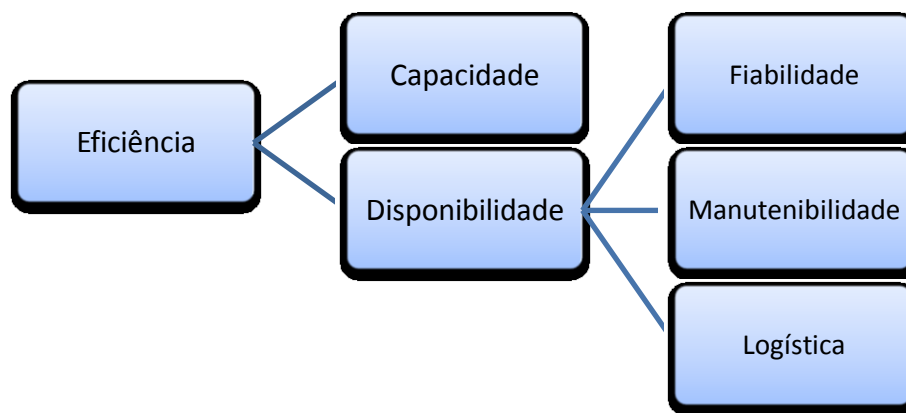


Fig. 5 – Componentes de eficiência de um equipamento.

Se for considerado um equipamento como um sistema que é formado por subsistemas e estes por componentes, pode-se dizer que a fiabilidade, a manutibilidade e consequentemente a disponibilidade do equipamento são directamente influenciadas pelas características dos subsistemas e as destes, pela dos componentes. [6]

Qualidade em Manutenção Industrial

Pode-se identificar com bastante precisão as acções da função qualidade através da função manutenção. A qualidade compõe-se neste domínio de vários elementos que traduzem a aptidão em resolver os problemas:

- ✓ Fiabilidade;
- ✓ Experiência e competências;

- ✓ Manutibilidade;
- ✓ Disponibilidade.

Uma boa ou má qualidade do serviço efectuado pela manutenção, aparece desde já ligada ao número e tempo das avarias ocorridas e portanto a maior ou menor disponibilidade dos equipamentos.

Verifica-se que a variação da qualidade em manutenção se poderá exprimir pela variação do valor da disponibilidade.

Para análise do valor de variação da disponibilidade operacional consideremos:

- **MTBM - "Mean Time Between Maintenance" (Tempo Médio entre Intervenções de manutenção).**
- **MDT - "Mean (Maintenance) Down Time" (Tempo Médio de Paragem para intervenções de manutenção).**

O MTBM e MDT incluem os tempos de paragem para qualquer tipo de manutenção (correctiva, preventiva, etc.). [5]

A aplicação de uma Política de Qualidade em Manutenção significará um aumento do valor do índice de disponibilidade operacional, o que só será possível com a optimização da expressão de cálculo da disponibilidade operacional. Para optimizar essa expressão é necessário que se verifiquem três condições, cuja análise nos permitirá determinar os factores que melhoram a *Qualidade do Serviço de Manutenção*. Essas condições são as seguintes:

1 – Aumento do MTBM

O aumento do tempo médio entre intervenções de manutenção (preventiva ou resolutive) pode ser conseguido através das seguintes acções:

- ✓ Escolha de equipamentos de elevada fiabilidade, o que garantirá períodos longos de funcionamento sem avarias. Estudo e análise sistemática de avarias com o objectivo de introduzir melhorias na fiabilidade através de melhoramentos nos equipamentos;
- ✓ Execução dos trabalhos de manutenção com qualidade técnica, o que exige pessoal executante com boa qualificação profissional. Assim evitam-se avarias e consequentes paragens de produção originadas por deficiente execução técnica;
- ✓ Implantação de planos de manutenção preventiva bem elaborados, que permitam maximizar os períodos de funcionamento, assim como programas de manutenção condicionada, como forma de alcançar aqueles objectivos.

2 – Diminuição do MDT

A diminuição do tempo médio de paragem, para intervenções de manutenção efectuar-se-á através da observação dos seguintes pontos:

- ✓ Escolha de equipamentos com elevada manutibilidade, o que tornará as intervenções mais rápidas;
- ✓ Normalização dos equipamentos permitindo a sua *inter-manutibilidade* e por consequência o encurtamento dos tempos de intervenção;
- ✓ Utilização de métodos de diagnóstico de avarias e de execução devidamente estudados e de sistemas de preparação e programação de trabalhos, o que permitirá reduzir os tempos de reparação ou de manutenção preventiva em paragem;
- ✓ Elevada motivação do pessoal conduzindo a altos níveis de produtividade;
- ✓ Disponibilidade adequada de peças de reserva, materiais e ferramentas, de forma a evitar tempos de espera;
- ✓ Disponibilidade ajustada de meios humanos e logísticos (materiais e equipamentos de apoio: andaimes, escadas e outros) para as intervenções. [5] [6]

Não devemos esquecer que ao implementar uma Política de Qualidade em Manutenção há que ter em atenção que a Qualidade tem custos que determinam limites económicos e

consequentemente restrições técnicas, havendo portanto que procurar o ponto de equilíbrio, isto é, até onde poderão ir as exigências técnicas da qualidade sem pôr em causa o valor económico mais aceitável. [5]



Fig. 6 – Factores e áreas de Qualidade em Manutenção.

Custos de Manutenção

Os custos de manutenção de um equipamento podem ser divididos em dois grupos:

1 – Custos directos de manutenção (CM)

Este tipo de custos é constituído por:

- Custos de mão-de-obra do pessoal da manutenção;
- Despesas globais do serviço de manutenção;
- Custo de posse dos stocks, das ferramentas, das máquinas;
- Custo das matérias-primas e bens de manutenção;
- Custo das peças de substituição;
- Custo dos contratos de manutenção;

- Custo dos trabalhos subcontratados.

2 – Custos indirectos de paragem de produção ($C\bar{p}$)

Este tipo de custos é constituído por:

- Custo perdas dos produtos não fabricados, perda de qualidade, perda dos produtos desclassificados;
- Custo da mão-de-obra parada;
- Custos da amortização dos equipamentos parados;
- Custos de arranque do processo. [5]

Custos da Avaria (CD)

Os custos da avaria designados por “CD” são o somatório dos custos directos de manutenção “CM” e os indirectos “ $C\bar{p}$ ”.

$$CD = CM + C\bar{p}$$

Para o seguimento dos custos de manutenção, utiliza-se a seguinte ficha:

Equipamento	Tempo Paragem	Taxa Horária		Custos Directos		Custos Indirectos		CM	$C\bar{p}$	CD	CM / CD
		Directa	Indirecta	C. M. obra	C. Subst.	C. M. obra	C.Amort.				

Fig. 7 - Ficha de custos de manutenção

[5] [6]

Manutibilidade

A manutibilidade é uma das características a ter em consideração na fase de concepção de um sistema com o objectivo de conseguir a sua eficiência, ou seja, a sua aptidão para cumprir uma determinada missão.

É essencialmente uma característica de concepção e de fabricação. Durante a fase de estudo da manutibilidade, tudo o que seja susceptível de influenciar a aptidão de um órgão ou componente para receber manutenção, é tido em conta.

Assim, a manutibilidade é a capacidade de um sistema ser mantido em boas condições de funcionamento, ao passo que a manutenção representa um conjunto de acções empreendidas com o objectivo de repor o sistema falhado nas condições operacionais.

A manutibilidade surge como uma característica do *design* do sistema e a manutenção como o resultado desse *design*.

Sendo uma característica do *design* do sistema, pode ser expressa nos seguintes termos:

- Frequência de manutenção (probabilidade do sistema não necessitar de manutenção mais do que x vezes num certo período, desde que operado em condições pré-estabelecidas);
- Tempo de manutenção (probabilidade de um sistema ser recuperado dentro de um certo período – tempo de calendário ou horas de trabalho – quando a manutenção é realizada em condições pré-estabelecidas de procedimentos e recursos);
- Custo de manutenção (probabilidade que o custo de manutenção de um sistema exceda y euros num certo período, quando é operado e mantido em condições pré-estabelecidas).

O tempo de manutenção é o indicador mais vulgarmente utilizado.

Actualmente, os sistemas possuem um alto grau de sofisticação e satisfazem a maioria das expectativas. Contudo, a experiência revela que a fiabilidade é muitas vezes

marginal e que os sistemas se encontram inoperacionais, uma considerável parte de tempo, implicando custos não desprezáveis. [7]

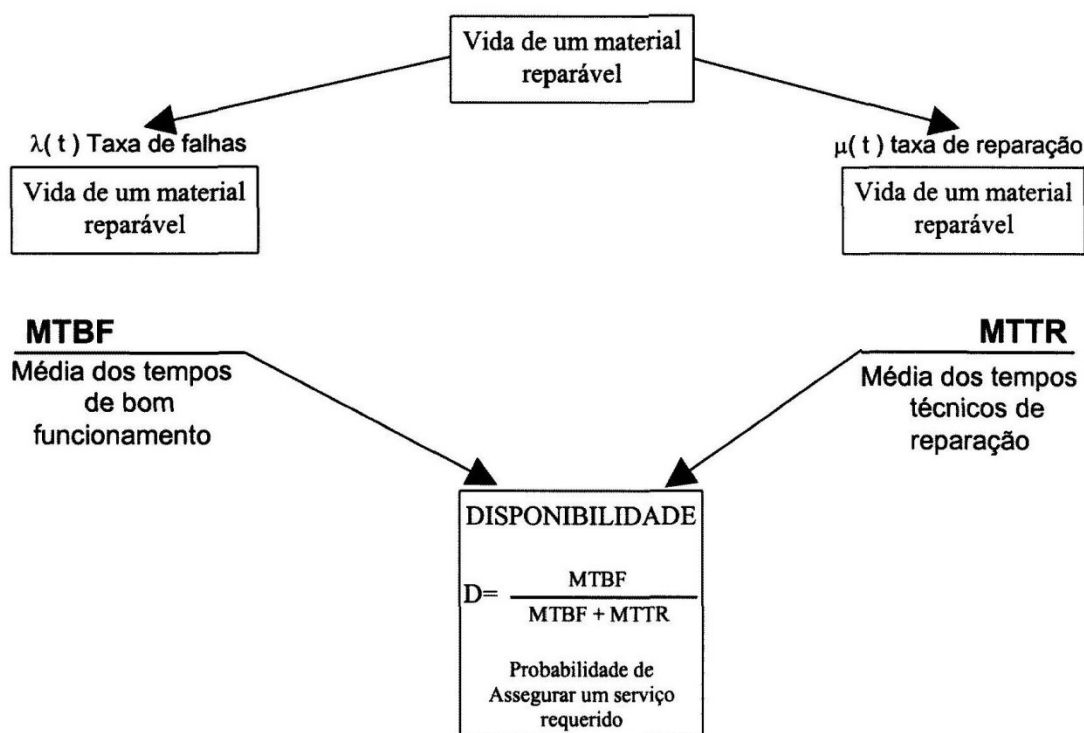


Fig. 8 – Manutibilidade e disponibilidade

Disponibilidade

A disponibilidade é dependente da manutenção e da fiabilidade. Aumentar a disponibilidade dos equipamentos é o principal objectivo dos serviços de manutenção. Isto implica um aumento considerável da fiabilidade dos equipamentos e a diminuição das durações de intervenção.

Sendo uma noção directamente e simultaneamente ligada à fiabilidade e à manutibilidade, pode também ser definida como a probabilidade de um equipamento reparável estar em estado de funcionamento durante um determinado tempo total de serviço.

Um sistema disponível é um sistema que se encontra pronto a ser utilizado em qualquer altura. Partindo desta evidência, a disponibilidade é dependente:

- do número de falhas → FIABILIDADE
- da rapidez da reparação → MANUTENIBILIDADE
- dos procedimentos definidos pela manutenção → MANUTENÇÃO
- da qualidade dos meios empregues → LOGÍSTICA [31]

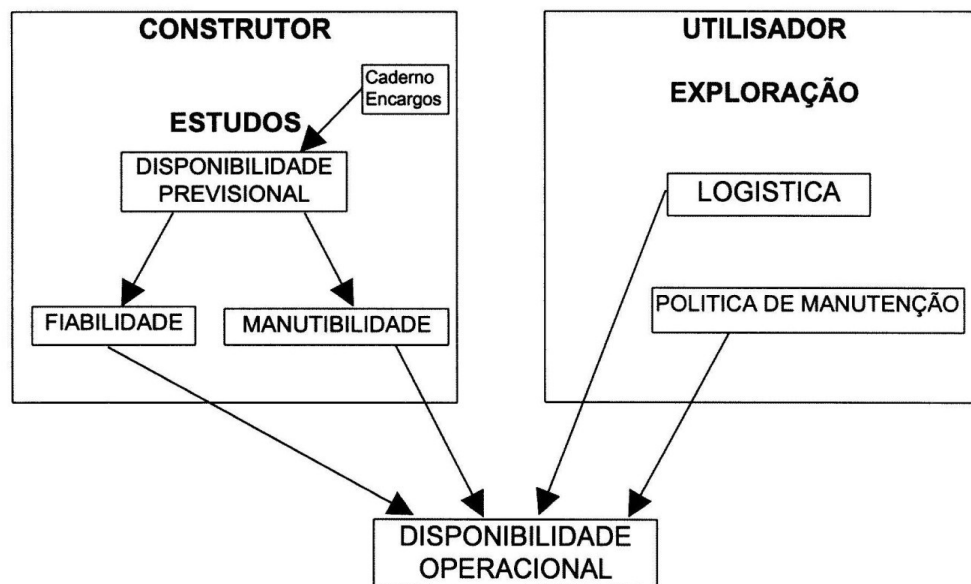


Fig. 9 – Disponibilidade Operacional

Fiabilidade

A fiabilidade de um produto é a probabilidade deste funcionar durante um determinado período em condições anteriormente definidas.

É uma noção cuja importância não deixa de aumentar, quer no domínio dos produtos industriais, quer no dos produtos de grande consumo.

Para se poder dar uma definição precisa, será necessário situar a fiabilidade em relação à noção de qualidade.

A fiabilidade não é a única componente da qualidade que faz intervir o tempo. Com efeito, quando um aparelho se avaria, pode ser importante para o utilizador que este esteja rapidamente reparado.

A fiabilidade e a manutibilidade apresentam conceitos diferentes:

- Um equipamento pode ser muito fiável e ter uma má manutibilidade, no caso dos tempos de reparação serem prolongados;
- Um equipamento que frequentemente sofra avarias de rápida reparação, apresenta-se pouco fiável mas com boa manutibilidade. [8]

Objectivos de Fiabilidade

As formas mais correntes dos objectivos de fiabilidade, são:

- Um valor de MTBF (ou taxa de falhas);
- Um nível de disponibilidade;
- Um número médio de reparações por período de tempo.

A técnica de estimação provisória, utilizada para a tomada de decisões dos objectivos e fiabilidade, comporta:

- análise de árvores de causas e/ou modos e mecanismos de falha;

- modelização matemática do sistema (mecanismos de falha e diagrama de fiabilidades);
- recolha de dados de fiabilidade dos constituintes do sistema. [8]

Custos da Fiabilidade

O custo de posse de um equipamento é o conjunto das despesas realizadas para o adquirir, para o fazer funcionar e para o manter em bom estado de funcionamento.

Se a fiabilidade se apresentar muito reduzida, maiores serão os custos de manutenção, no entanto, o preço de venda aumenta com a reputação de fiabilidade do construtor. É por este facto que o custo de posse mínimo corresponde geralmente a uma fiabilidade intermédia.

O custo de posse de um equipamento denominado “LCC”, é a soma algébrica das despesas relativas à posse de um equipamento e das despesas e receitas por este produzidas. O “LCC” representa uma ferramenta de apoio à decisão, que deve fazer parte integrante do quadro de funcionamento de gestão económica. [8]

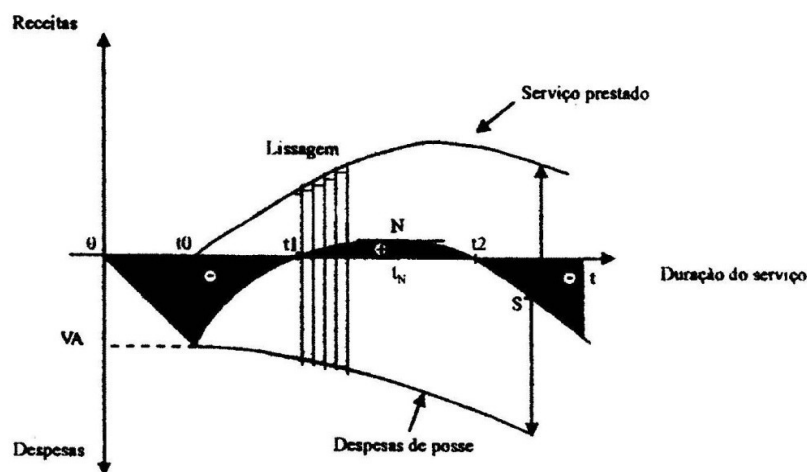


Fig. 10 – Gráfico do custo de posse de um equipamento

Conclusão

Encontrar a disponibilidade máxima dos equipamentos é o principal objectivo de qualquer departamento de manutenção e este facto é, juntamente com outros, determinante para que a empresa consiga responder aos desafios concorrenciais do mercado.

A evolução dos equipamentos e dos diversos tipos de indústria, o surgimento de crises económicas, o mercado concorrencial, conjugado com a crescente necessidade de reduzir custos para fazer face às dificuldades surgidas, provocaram profundas alterações na função manutenção, principalmente, após a segunda guerra mundial.

Reconhecendo que a vida útil dos equipamentos poderia ser mais duradoura, caso estes, fossem alvo de uma manutenção preventiva e planeada consoante as necessidades devidamente estudadas e avaliadas, as empresas passaram a encarar a função manutenção como um investimento na qualidade, em vez de uma actividade criadora de despesa.

Acresce ainda que, em determinadas empresas, deixou de se verificar a necessidade de possuir um departamento de manutenção, visto esta, ser feita pelos próprios operadores dos equipamentos. Quando se verifica a necessidade de efectuar reparações ou manutenções gerais nos equipamentos, requerem os serviços de empresas especializadas, durante os períodos de paragem programada.

CAPÍTULO III – Alguns Modelos de Gestão

Industrial

“Lean Manufacturing”

Definição

O “*Lean Manufacturing*” ou Produção Magra (ou ainda Sistema Toyota de Produção) é um conjunto integrado de actividades desenvolvidas para alcançar uma produção de alto volume usando stocks mínimos de matérias-primas, de materiais em processamento e de produtos acabados. As peças chegam à próxima estação de trabalho “*Just-in-time*” (*JIT*) e são concluídas, atravessando o processo rapidamente. A produção enxuta também se baseia na lógica de que nada é produzido sem que seja necessário. A necessidade de produção é criada pela procura real do produto. Quando um item é vendido, teoricamente, o mercado puxa uma reposição da última posição do sistema – a montagem final, nesse caso. Isso acciona um pedido à linha de produção da fábrica, onde um funcionário, então, puxa uma unidade de uma estação precedente no fluxo para repor a unidade retirada. Essa estação precedente, de seguida, puxa da próxima estação ainda mais acima e assim por diante, até ao início do processo. Para permitir que esse processo de puxar funcione tranquilamente, o “*Lean Manufacturing*” requer níveis altos de qualidade em cada estágio do processo, relações sólidas com fornecedores e uma procura de produtos acabados relativamente previsível. [9]

Os Sete Desperdícios e sua eliminação

Segundo Fujio Cho, Presidente da Toyota, “tudo o que não for quantidade mínima de equipamento, material, peças e funcionários (tempo de trabalho) que são absolutamente essências para a produção, é considerado desperdício (*MUDA*, termo japonês). Ainda, segundo Fujio Cho, existem sete tipos de desperdícios que necessariamente têm de ser eliminados do fluxo de valor das empresas, são eles:

- **Excesso de produção** – produzir mais e antes do necessário;
- **Tempos de espera** – trabalhadores à espera de máquinas ou peças;

- **Transporte** – movimentação desnecessária de peças;
- **Processamento desnecessário** – procedimentos ou passos não necessários no processo;
- **Stocks** – peças semi-acabadas entre operações;
- **Movimentos inúteis** – movimentações desnecessárias do trabalhador;
- **Defeitos/falhas** – peças que necessitam de retrabalho ou inutilizadas.

Eliminando estes sete tipos de desperdícios a qualidade aumenta, o tempo e os custos da produção são reduzidos. As ferramentas *Lean* incluem uma análise continuada dos processos (*Kaizen* - melhoria contínua), "*pull-flow*" (utilizando sistemas de *kanban*), e a prevenção de erros (*poka-yoke*). [10] [11]

Com base na definição anterior, não existe qualquer hipótese para excedentes ou stocks de segurança, uma vez que, se não é possível utilizá-los de imediato, então, não necessitam ser fabricados de imediato e teriam de ser considerados desperdício.

Stocks ocultos em área de armazenagem, sistemas de tráfego, esteiras giratórias e esteiras transportadoras são alvos fundamentais para a redução de stocks.

Para uma perfeita eliminação dos desperdícios, existem sete elementos que disso se encarregam, são eles:

- **Redes de fábricas especializadas:** Os japoneses procuram construir pequenas unidades fabris especializadas contrariamente a grandes instalações verticalmente integradas (a título de exemplo, a Toyota possui 12 pequenas fábricas especializadas localizadas em Toyota City e nos seus arredores). Estes consideram que é mais fácil administrar uma pequena fábrica que uma de grande porte com toda a respectiva burocracia e desalinho inerente. As instalações desenvolvidas para uma única finalidade específica, são construídas e operadas de maneira mais económica;
- **Tecnologia de grupo:** É uma filosofia em que peças semelhantes são agrupadas em famílias e os processos necessários para fabricar essas peças são organizados numa célula de trabalhos especializada. As células de tecnologia de grupo eliminam os tempos de movimentação e filas de espera entre as operações, reduzem stocks e

diminuem o número de funcionários necessários. No entanto, é necessário que se verifique uma grande flexibilidade por parte dos funcionários para que operem diversas máquinas e processos. Devido à sua elevada capacidade técnica, estes funcionários aumentam a segurança no emprego;

- **Qualidade na origem:** Isto significa fazer o trabalho correcto logo na primeira vez e caso algo corra mal, interromper o processo ou linha de montagem de imediato. Os operadores das máquinas passam a ser os primeiros inspectores da qualidade da sua produção. Como o operador se concentra apenas numa parte do trabalho por vez, torna-se mais fácil detectar problemas de qualidade. Se o ritmo for demasiado elevado, se for detectado um problema de qualidade ou se um problema de segurança for detectado, o funcionário é obrigado a pressionar um botão para interromper a linha e accionar um sinal visual. Os outros funcionários respondem ao alarme e ao problema. Os funcionários são treinados para realizar a sua própria manutenção e controlo interno até que o problema seja solucionado;
- **Produção *JIT*:** Produzir apenas o que é necessário, quando for necessário na quantidade necessária e nada mais. Tudo o que exceder a quantidade mínima necessária é considerado desperdício. No ponto seguinte podemos encontrar uma explicação mais aprofundada sobre o *JIT*;
- **Nivelamento da produção:** É a harmonização do fluxo de produção para abrandar as ondas de reacção que normalmente surgem no decurso das variações de programação. Quando uma alteração é feita na montagem final, as mudanças repercutem-se em toda a linha e cadeia de suprimentos. A única maneira de eliminar o problema é fazer com que os ajustes sejam os mínimos possíveis, por meio de definição de um plano de produção mensal sólido para o qual a taxa de produção é congelada. A Toyota percebeu que poderia fazer isso fabricando um *mix* de produtos todos os dias em pequenas quantidades. Neste caso, a Toyota possui sempre disponível uma quantidade de produto para fazer face à variação da procura. As quantidades mensais de modelos de carros são reduzidas para quantidades diárias, com a intenção de calcular o *tempo de ciclo* (definido como o tempo decorrido entre a conclusão de duas unidades idênticas na linha) de um modelo. O

número de tempo do ciclo é usado para ajustar os recursos, para produzir a quantidade exacta necessária. A velocidade das máquinas ou da linha de produção é ajustada para que apenas a quantidade necessária seja fabricada em cada dia. O *JIT* esforça-se para produzir dentro do prazo, dentro do orçamento e com qualidade.

- **Sistema *Kanban* de controlo da produção:** Estes sistemas utilizam um dispositivo de sinalização para regular os fluxos *JIT*. *Kanban* significa “sinal” ou “cartão de instruções” em japonês. À frente encontraremos uma explicação mais aprofundada deste sistema;
- **Tempos de preparação minimizados:** Uma vez que a regra impõe tamanhos de lotes pequenos é necessário que as máquinas sejam rapidamente preparadas para produzir os modelos mistos na fila. Um exemplo muito citado ocorrido na década de 70 do século passado, as equipas de funcionários da prensa da Toyota responsáveis pela produção dos capôs e guarda-lamas dos automóveis conseguiam modificar uma prensa de 800 toneladas em apenas 10 minutos, em comparação com as quase seis horas necessárias pelos trabalhadores norte-americanos e as quatro horas dos alemães. Para alcançar esse nível de redução no tempo de preparação, as preparações são divididas entre actividades internas e externas. As instalações internas devem ser feitas enquanto uma máquina está parada. As instalações externas podem ser feitas enquanto a máquina estiver a operar. Outros dispositivos que ajudam a economizar esse tempo, como fixadores duplicados de ferramentas, também são usados para acelerar as preparações.

Um aspecto crucial na eliminação do desperdício é que a maioria dos custos é calculada na fase de projecto de um produto. Um técnico especificará os materiais e processos conhecidos e custos. As empresas que seguem essa metodologia desenvolvem folhas de verificação para validar o projecto do produto. Isto reduz os riscos do projecto. [9] [12]

Os pilares do “Lean manufacturing”

Como mencionado no início do tema, o *Lean Manufacturing* teve o seu início na “Toyota Motor Company” com o objectivo de fornecer veículos aos seus clientes com melhor qualidade, o menor custo possível e um *lead time* mais curto através da eliminação de desperdícios. A Produção Enxuta está fundamentada sobre dois pilares, o *Just-in-time* (JIT) e o *Jidoka*, como pode ser observado na figura 11:

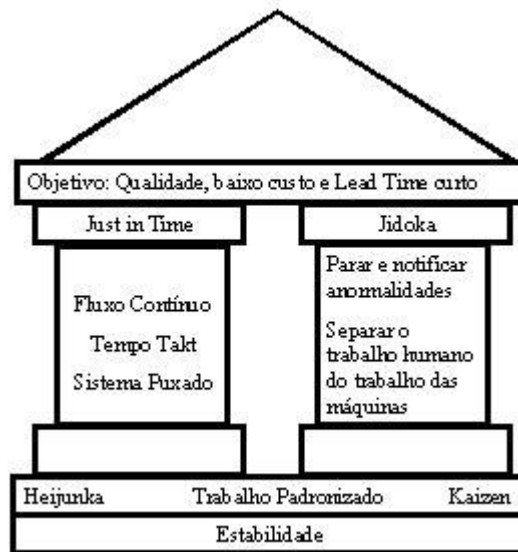


Fig. 11 - Os pilares do “Lean Manufacturing”.

O pilar correspondente ao “*Just-in-time*” está relacionado com a entrega exacta das peças no momento em que serão utilizadas. Para isso é necessário que a produção esteja baseada num fluxo contínuo, exista um sistema puxado de produção e a quantidade produzida esteja de acordo com o “*takt time*” (ritmo com que o cliente compra os produtos) da empresa.

O “*Jidoka*” tem as suas raízes no período do pós-guerra. Toyoda, fundador do grupo *Toyota*, inventou o conceito de “*Jidoka*” no início do século XX, incorporando um dispositivo de paragem automática nos seus teares. Este dispositivo interrompia o funcionamento de uma máquina caso um fio se partisse. Isso deu origem a grandes melhorias na qualidade e libertou os funcionários para a realização de um trabalho que agregasse mais valor do que o simples monitorizar dos equipamentos. Por fim, esse

conceito simples encontrou espaço em todas as máquinas, em todas as linhas de produção e em todas as operações da *Toyota*.

Os dois pilares do “*Lean Manufacturing*” têm, por sua vez, como base fundamental o “*Heijunka*” (nivelamento da produção), o trabalho padronizado, o “*Kaizen*” (melhoria contínua) e a Estabilidade.

O “*Lean Manufacturing*” possui cinco princípios básicos. Estes têm como meta tornar a empresa mais flexível e capacitá-la para responder de forma rápida e eficiente às necessidades dos clientes:

- **Especificar valor:** é o ponto de partida e deve ser definido segundo a perspectiva dos clientes finais. Deve-se começar com uma tentativa consciente de definir precisamente o valor em termos de produtos e serviços específicos;
- **Identificar a cadeia de valor:** é o conjunto de todas as actividades para que se leve um produto específico a passar pelas tarefas de desenvolvimento (da concepção ao lançamento), de gestão da informação (desde a recepção do pedido à entrega), e transformação física propriamente dita (da matéria-prima ao produto acabado);
- **Fluxo:** é necessário fazer com que as etapas que criam valor fluam. Isso exige uma mudança de mentalidade, o produto e as suas necessidades devem ser o foco, e não as máquinas e os equipamentos. O objectivo é reduzir as actividades que não agregam valor;
- **Produção puxada:** é fazer o que os clientes (internos ou externos) precisam no momento certo, permitindo que o produto seja puxado quando necessário, isso minimiza os stocks normalmente encontrados nos sistemas "empurrados";
- **Perfeição:** fazer os quatro princípios anteriores interagirem num círculo na eliminação dos desperdícios, especificando valor com precisão, identificando a cadeia de valor como um todo, fazendo com que os passos da cadeia de valor fluam e os clientes puxem. Isso é possível porque, ao dar condições para que o valor flua, sempre ocorrerá uma exposição dos desperdícios ocultos na cadeia de valor. [13]

Respeito pelas Pessoas

Um dos pontos cruciais do “*Lean Manufacturing*” ou “*Sistema Toyota de Produção*” é o respeito pelas pessoas. Tradicionalmente, as empresas japonesas procuram manter de forma permanente os empregos dos seus funcionários e manter os ordenados inalterados mesmo quando as condições do mercado são adversas. Os funcionários permanentes possuem segurança no emprego e são, habitualmente, mais flexíveis e fiéis à empresa e fazem todos os possíveis para ajudar a empresa a alcançar os seus objectivos.

Todos os funcionários recebem dois bónus anuais no caso de a empresa apresentar bons resultados. Os funcionários têm consciência de que se a empresa tiver um bom desempenho, sairão beneficiados e isso estimula o aumento da produtividade. A própria administração vê os funcionários como activos da empresa e não como máquinas que se paralisam em caso de necessidade. A automatização e a robótica é amplamente usada para cumprir tarefas mais perigosas, cansativas ou rotineiras, assim, os funcionários ficam com mais tempo disponível para se concentrarem em tarefas mais importantes de aperfeiçoamento.

A Toyota conta, maioritariamente, com redes de terceiros. Mais de 90 % das empresas japonesas fazem parte de uma rede de fornecedores de pequenas empresas. Alguns desses fornecedores são especialistas em determinadas áreas muito restritas, normalmente atendendo a diversos clientes. Habitualmente, as empresas mantêm parcerias de longa duração com fornecedores e cliente. Os fornecedores são considerados como parte da família de um cliente. [9]

Exigências para a Implementação do “*Lean manufacturing*”

A implementação do sistema “*lean manufacturing*” assenta nos seguintes pontos-chave:

- **Qualidade total imediata** – ir em busca do "zero defeito", detecção e solução dos problemas em sua origem;

- **Minimização do desperdício** – eliminação de todas as actividades que não apresentam valor agregado e redes de segurança, optimização do uso dos recursos escassos (capital, pessoas e espaço);
- **Melhoria contínua** – redução de custos, melhoria da qualidade, aumento da produtividade e partilha da informação;
- **Processos "pull" (puxados)** – os produtos são puxados pelo cliente final, e não empurrados para o fim da cadeia de produção;
- **Flexibilidade** – produzir rapidamente diferentes lotes de grande variedade de produtos, sem comprometer a eficiência devido a volumes menores de produção;
- **Construção e manutenção de uma relação a longo prazo com os fornecedores tomando acordos para partilhar o risco, os custos e a informação.**

Basicamente, tudo o que concerne à obtenção dos materiais correctos no local correcto, na quantidade certa, minimizando o desperdício, sendo flexível e estando aberto a mudanças. [9] [12]

Vantagens na utilização do “*Lean manufacturing*”

- Redução de activos circulantes (stocks e trabalhos em curso): Redução dos capitais utilizados, aumento da tesouraria, melhoria do retorno sobre o investimento;
- Redução de custos de produção;
- Redução de investimento para produção igual;
- Aumento de produção com investimento constante;
- Produção ecológica, fábrica mais compacta;
- Melhoria da qualidade;
- Produção adaptada à necessidade do cliente;
- Redução dos prazos de entrega;
- Aumento da satisfação do cliente. [14]

Princípios operacionais do “*Lean manufacturing*”

Cultura das Pessoas: Menos *staff*, *Empowerment* (atribuição de autoridade e responsabilidades aos colaboradores da empresa), flexibilidade dos colaboradores e organizações mais planas;

Produção: utilização de alguns princípios de organização: *Kaizen*, *5's*, *Jidoka*, *SMED*, *Poka-Yoke*, *Kanban*, Gestão Visual e Processos standardizados;

Supply chain: Menos fornecedores, seleccionados de acordo com as exigências e necessidades do cliente, relações estáveis e mais fortes (SCM). [14]

Verificando a actual situação dos mercados internacionais, nomeadamente, no que se refere à indústria produtiva, os preços dos produtos são, cada vez mais, definidos pelo próprio cliente. Assumido esse facto, a indústria vê-se obrigada a reorganizar as suas práticas comerciais e passar a considerar como lucro o ganho obtido a partir da redução de custos de produção.

Uma vez que é o mercado que define qual o preço que está disposto a pagar por determinado produto ou serviço, a empresa tem de equacionar todas as possibilidades de redução dos custos da produção. Nos custos da produção tem-se de incluir todo o valor relativo às matérias-primas, manufactura, armazenamento, transporte, etc.

“Just-in-Time”

O pós segunda grande guerra, e nomeadamente a década de cinquenta, marcaram definitivamente a economia mundial, principalmente nos países directamente envolvidos no conflito. Destes países, o que mais sofreu economicamente terá sido o Japão.

Várias eram as adversidades com que o Japão se debatia, derrotado, destruído, com uma geografia montanhosa e bastante acidentada, com poucos recursos naturais e ainda com a agravante de ser uma ilha, o que dificultava logisticamente o transporte dos materiais tanto na recepção como na expedição. Daí que, não podiam dar-se ao luxo de desperdiçar qualquer recurso.

Devido a estas fraquezas, o governo e os empresários Nipónicos reintroduziram o conceito “*Just-in-time*” ou *JIT* (apenas na hora, traduzido do termo Inglês) na sua indústria. Este conceito já tinha sido usado nos Estados Unidos, por Henry Ford nas suas fábricas no início do século XX.

No geral, o conceito assenta numa gestão eficiente dos recursos, sem excessos, tanto de matéria-prima como de produção e manutenção de produtos acabados em armazém, ou seja, comprar e produzir apenas o necessário e quando necessário.

A implementação desta filosofia permite reduzir os custos de armazenagem e produção, no sentido em que os recursos humanos são melhor distribuídos e aproveitados e quase não existe necessidade de manter produtos parados em armazém, evitando assim, elevados custos de armazenagem.

A base deste tipo de gestão da produção está em produzir apenas o estritamente necessário. Se apenas for necessário produzir mil unidades de uma qualquer peça por dia, não se justifica estar a produzir dez mil dessas unidades. Primeiro, porque apenas necessitamos de mil e segundo porque as restantes unidades não necessárias vão provocar um custo acrescido de armazenagem e, por consequência, os custos de armazenagem não acrescentam qualquer valor ao produto.

O sistema *JIT* pretende alcançar as seguintes metas:

- Zero defeitos;
- Zero stocks;
- Zero rupturas de stocks;
- Zero tempos de preparação;
- Zero tempos de movimentação;
- Zero papéis.

Mas o conceito *JIT* vai ainda além da produção na estrita medida da necessidade. Este procura suprimir todas as perdas que possam existir no processo produtivo. O seu objectivo é determinar e eliminar todos os movimentos, paragens ou quebras desnecessárias de forma a manter o fluxo de produção o mais contínuo possível.

O fluxo contínuo é a resposta à necessidade de redução do “*lead time*” da produção. A implementação de um fluxo contínuo na cadeia de agregação de valor normalmente requer a reorganização e o rearranjo do *layout* fabril, convertendo os tradicionais *layouts* funcionais (ou *layouts* por processo) – onde as máquinas e recursos são agrupados de acordo com os seus processos (ex. grupo de fresas, grupo de rectificação, grupo de prensas, etc.) – para células de produção compostas pelos diversos processos necessários à fabricação de determinada família de produtos. [17]

A curto prazo, o principal objectivo de implantação da filosofia “*Just-in-time*” é a redução do custo de produção pela melhoria da produtividade, já a longo prazo o objectivo é a redução do tempo de aprovisionamento. [18]

É importante destacar que o *JIT* é somente um dos elementos de um modelo de gestão da produção conhecido por *STP* (Sistema Toyota de Produção), e no Ocidente chamado de “*Lean Manufacturing*”, sobre o qual falámos no ponto anterior.

Six Sigma (Seis Sigma)

Em meados dos anos 80 do século passado, a empresa americana “Motorola”, confrontada com uma forte perda de competitividade dos seus produtos decidiu levar a questão da qualidade a sério e começou a implementação da estratégia do *Seis Sigma*. Nessa época, a “Motorola” destinava cerca de 5% a 10% dos investimentos - às vezes até 20% - para corrigir defeitos encontrados nos seus produtos, o que equivalia a cerca de 900 milhões de dólares por ano.

Ao transferir o controlo de uma das suas fábricas, que produzia televisões nos Estados Unidos, para uma empresa japonesa, com a mesma força de trabalho, a mesma tecnologia, os mesmos projectos e inspirada em técnicas de gestão japonesas, a fábrica iniciou rapidamente a produção de televisores com um vigésimo do número de defeitos comparados com a época em que era gerida directamente pela Motorola. A partir desta análise, ficou claro que o problema residia no modelo de gestão anterior.

O então presidente da empresa encaminhou a companhia para o “*Six Sigma*” e tornou-se um ícone na área empresarial, em grande parte devido ao trabalho que realizou na qualidade na Motorola. Alguns anos mais tarde, em 1996, a empresa norte-americana “General Electric” (GE) propôs a si mesma o desafio de atingir o nível de qualidade “*Six Sigma*” em todos os seus processos: do projecto à fabricação, prolongando-se até aos serviços de assistência.

Começava a nascer então o caso mais famoso de aplicação sistemática e bem sucedida da ferramenta “*Six Sigma*”, sendo até hoje considerado modelo a ser seguido por todos. Sob a liderança de seu presidente Jack Welch, os resultados foram tão rápidos quanto surpreendentes.

Sem sombra de dúvidas essa experiência foi importante não só para a “GE”, mas também para o futuro do “*Six Sigma*” no universo empresarial, uma vez que a ferramenta ganhou muito com as contribuições de Welch e do seu pessoal da GE.

Porém, é importante citarmos que o destino do “*Six Sigma*” implantado na GE teria sido outro se não fosse o apoio incondicional do então presidente executivo da empresa. Muito diferente do que se acredita, o “*Six Sigma*” não se ocupa da qualidade no sentido

tradicional, ou seja, a conformidade com as normas e requisitos internos. Na verdade, o programa redefine qualidade como o valor agregado ao esforço produtivo e procura que a empresa alcance os seus objectivos estratégicos. Cada vez que acontece um erro, a empresa gasta tempo e dinheiro para o corrigir. Isso quer dizer que, ao projectar e fabricar produtos quase sem defeitos ou prevenir a possibilidade de erros, ela está a reduzir gastos.

Antes de prosseguirmos, é importante diferenciarmos erros esporádicos e persistentes.

Alguns defeitos são resultados de erros esporádicos num processo. Por outras palavras, na sua maioria, os processos trabalham dentro do seu patamar esperado, mas, ocasionalmente, desviam-se do seu desempenho habitual.

De forma geral, as empresas resolvem de maneira eficiente esses tipos de erros.

Contudo, isso não melhora os níveis de qualidade da empresa, porque na realidade, não são esses tipos de erros que diminuem o lucro da empresa e sim os erros persistentes, crónicos e "ocultos".

Um bom exemplo desse tipo de erro é o caso de um fabricante de automóveis que decidiu substituir o aço por alumínio nas peças do motor, baixando os custos de produção e fabricando veículos mais leves, o que conseqüentemente consumiam menos combustível. Porém, os técnicos não consideraram o facto de o alumínio criar fissuras microscópicas que se propagam em situações de alta temperatura e pressão. Com isso, os condutores que exigiam mais de seus veículos aceleravam o desgaste, os danos aconteciam ainda no período de garantia e a empresa tinha que acarretar com todos os custos de substituição.

Por isso, os custos aumentaram, sem que fosse possível determinar a origem do problema. As empresas que não conseguem identificar a causa do problema passam a "tolerar" os erros, que dessa forma continuam persistentes, ocultos e passam a constituir parte do custo do negócio. [15]

Definindo em poucas palavras, o "*Six Sigma*" consiste na aplicação de métodos estatísticos a processos empresariais, orientados pela meta de eliminar todos os defeitos. A maioria das empresas opera no nível "*Four Sigma*", o que equivale a 6.210 defeitos por milhão de oportunidades de haver defeitos. O nível "*Six Sigma*" gera apenas 3,4 defeitos por milhão.

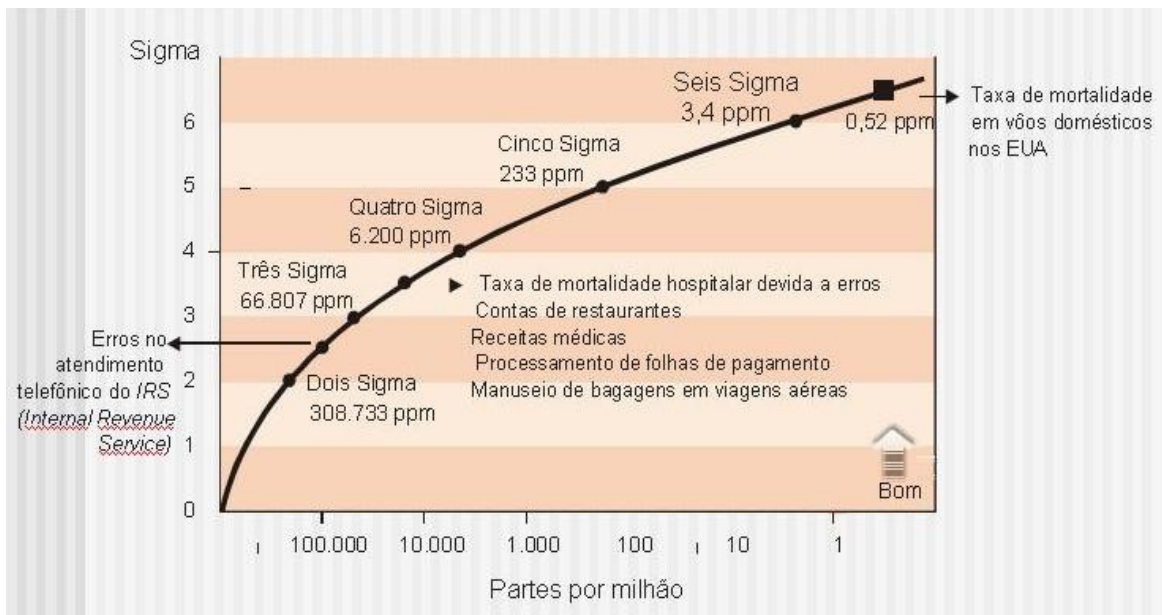


Fig. 12 – Exemplos da escala Sigma. Fonte [15]

O que é o “Six Sigma”

A estratégia do “Six Sigma” é uma forma de conseguir a implementação eficaz de conceituadas técnicas e princípios de qualidade. O objectivo principal desta estratégia pode ser definido de uma forma simples – Conseguir zero erros em todo o desempenho da gestão na empresa. A ideia é assim obter um nível mínimo, próximo de zero, ao nível das falhas da produção.

Convém recordar que os outputs defeituosos representam perdas para a empresa a vários níveis:

- O produto não se vende, não gera receitas;
- A sua fabricação ocupou recursos materiais e humanos que é preciso pagar;
- Durante o processo de fabricação, impediu a produção de produtos em bom estado (custo de oportunidade);
- É preciso desmontá-lo ou desfazer-se dele o que também implica custos.

Apesar do “*Six Sigma*” ser claramente uma ferramenta de gestão orientada para a qualidade, esta não implica a complexidade que acompanha sempre um processo de TQM - “*Total Quality Management*”.

Para aplicar esta técnica com sucesso é necessário definir três conceitos:

- Qualidade potencial: Valor acrescentado máximo possível por cada unidade de output;
- Qualidade real: Valor acrescentado actual por cada unidade de output;
- O desperdício é a diferença entre estes dois valores.

Assim, a finalidade da implementação de uma estratégia “*Six Sigma*” é reduzir o desperdício ao mínimo, ajudando as empresas a produzir mais rapidamente bens e serviços melhores e envolvendo menos custos. Genericamente, concentra-se em três áreas:

- Prevenção de defeitos;
- Redução do ciclo produtivo;
- Redução de custos.

Qualquer melhoria de desempenho deve ter início na gestão de topo e envolve, neste primeiro passo, várias fases:

- Ensinar os responsáveis da empresa a compreender e a utilizar os princípios e ferramentas necessários ao sucesso;
- Implementar uma estrutura de gestão para suportar o “*Six Sigma*”;
- Cultivar um ambiente aberto à inovação e à criatividade;
- Reduzindo níveis hierárquicos;
- Eliminando barreiras burocráticas à experiência e à mudança;
- Tornando mais fácil tentar novas soluções. [16]

Metodologia “*Six Sigma*”

A metodologia “*Six Sigma*” aplica-se por meio do ciclo de Definição, Medição, Análise, Melhoria e Controlo (DMAIC):

➤ **Definir (D):**

- Identificar os clientes e as suas prioridades;
- Identificar um projecto adequado às actividades do “*Six Sigma*” baseado nos objectivos da empresa, assim como nas necessidades e *feedback* do cliente;
- Identificar as características cruciais críticas para a qualidade que o cliente considera ter maior impacto sobre a qualidade.

➤ **Medir (M):**

- Determinar como medir o processo e como está o seu desempenho;
- Identificar os processos-chave internos que influenciam as características cruciais críticas para a qualidade, e medir os defeitos gerados no momento em relação a esses processos.

➤ **Analizar (A):**

- Determinar as causas mais prováveis dos defeitos;
- Entender por que os defeitos são gerados, identificando-se as variáveis-chave que muito provavelmente criarão a variação no processo.

➤ **Melhorar (I, do Inglês *Improve*)**

- Identificar as maneiras de remover as causas dos defeitos;
- Confirmar as variáveis-chave e quantificar os seus defeitos nas características cruciais críticas para a qualidade;
- Identificar os intervalos máximos de aceitação das variáveis-chave e um sistema para medir os desvios das variáveis;
- Modificar o processo para que fique dentro de um intervalo aceitável.

➤ **Controlar (C):**

- Determinar como manter as melhorias;
- Colocar as ferramentas nos lugares para garantir que as variáveis-chave permaneçam dentro dos intervalos máximos aceitáveis sob o processo modificado.

[9]

O Segredo do Sucesso “Six Sigma”

De acordo com a figura abaixo, podemos concluir que o segredo do “Six Sigma” assenta em três pilares essenciais e imprescindíveis para atingir o seu pleno sucesso, tais como:

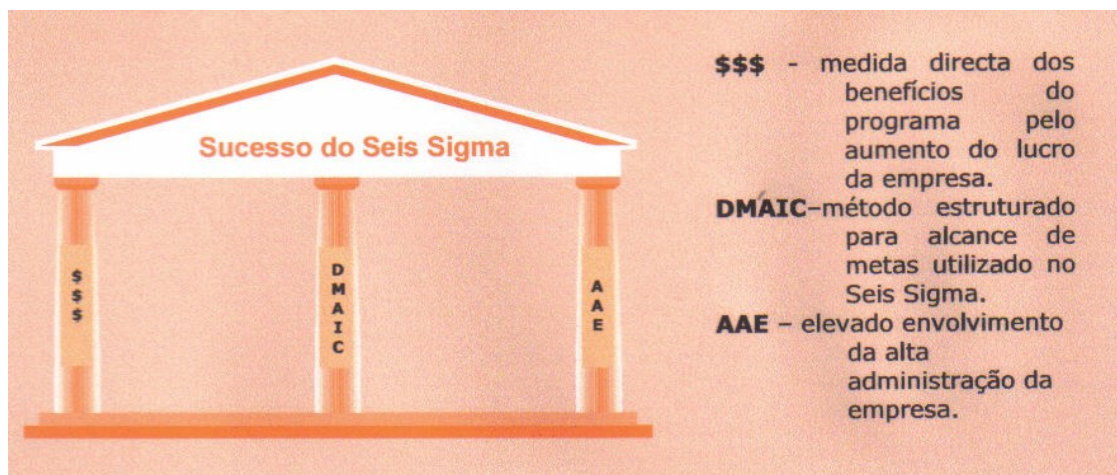


Fig. 13 – Pilares do “Six Sigma”. Fonte [32]

Podemos verificar que esta metodologia assenta no pilar central (modelo DMAIC), se não existir investimento financeiro (\$\$\$) apropriado ou o elevado envolvimento da alta administração da empresa (AAE), a estrutura acaba por ceder.

Cuidados na Selecção do Projecto “Six Sigma”

Na selecção do projecto tem que se ter em conta os seguintes aspectos, tais como:

- Complexidade do projecto:
 - O espaço de trabalho (scope) deverá ser dimensionado de acordo com as metas definidas inicialmente;
 - É importante estabelecer metas ambiciosas, mas concretizáveis.

- Qualificações de um projecto “Six Sigma”:
 - Existe uma falha entre a performance actual e a necessária;
 - A causa do problema é desconhecida.

Exemplos de metas de projectos “Six Sigma”:

- Reduzir o custo de fabricação.
- Aumentar o índice de satisfação do cliente.
- Reduzir o volume total de produtos com defeito.
- Aumentar a eficiência de processos e/ou produtos.

Factores críticos para a implementação do “Six Sigma”:

- Elevado envolvimento da alta administração da empresa – liderança *topdown*:
 - O “Six Sigma” falha se não houver um forte empenho do “número um” da organização;

- Gestão estratégica do processo de mudança associado à implementação do “Six Sigma”;
- Os sistemas e estruturas da empresa devem reflectir e incentivar a cultura “Six Sigma”;
- Resultados dos projectos traduzidos para a linguagem financeira;
- Projectos “Six Sigma” associados às metas prioritárias da empresa;
- Divulgação, em todos os níveis da empresa, das etapas da implementação e dos resultados alcançados com o programa;
- Uso de ferramentas de análise apropriadas;
- Prazos dos projectos.

Médio Prazo – quatro a seis meses.

Longo Prazo – oito a doze meses.

A título de conclusão, o sistema “*Six Sigma*” centra-se na melhoria da qualidade (redução do desperdício) ao ajudar as organizações a produzir de melhor forma, mais rápida e mais económica. Em termos tradicionais, o “*Six Sigma*” focaliza a prevenção de defeitos, a redução dos tempos de ciclo e a economia de custos. Ao contrário das reduções de custos descuidados, que reduzem valor e qualidade, o “*Six Sigma*” identifica e elimina custos do desperdício. Em geral, esses custos são extremamente elevados em empresas que não o utilizam.

Empresas que operam em níveis “Três Sigma” ou “Quatro Sigma” geralmente gastam entre 25% e 40% das suas receitas para reparar ou resolver problemas. Isso é conhecido como o custo da qualidade ou, mais precisamente, o custo da não qualidade. Empresas que operam em “*Six Sigma*” geralmente gastam menos de 1% de suas receitas para solucionar problemas. Para atingir tal meta, utilizam um conjunto de técnicas comprovadas juntamente com um quadro de líderes técnicos da empresa, capacitados e bem treinados conhecidos como “black belts” para que cheguem a um alto nível de eficiência na aplicação dessas técnicas. Também se inclui um modelo de melhoria do desempenho constituído por cinco passos: definir, medir, analisar, implementar a melhoria e controlar

que corresponde a famosa sigla DMAIC ou Define - Measure - Analyze - Improve - Control. [15]

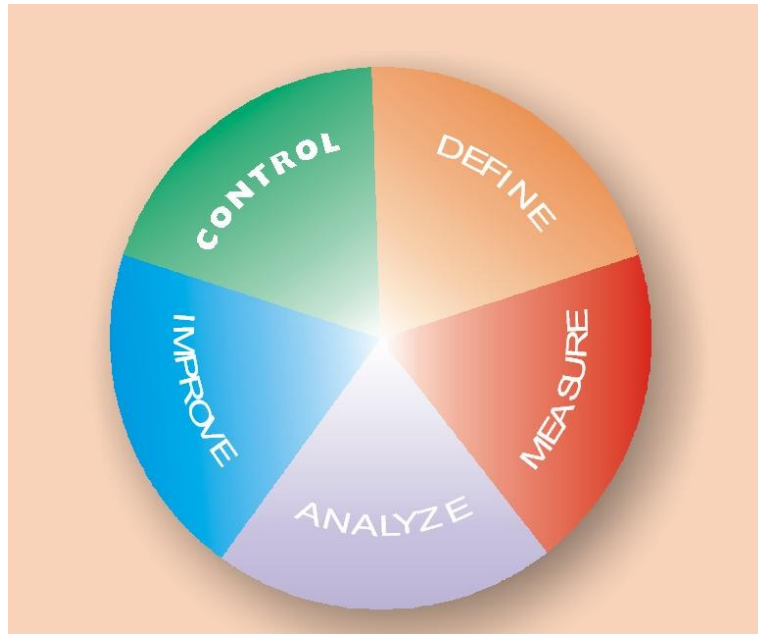


Fig. 14 – DMAIC. Fonte [15]

“Lean Six Sigma”

O “*Lean Six Sigma*” combina as duas abordagens: fazer melhor com ganhos de eficácia através da redução da variabilidade e aumentos de produtividade (usando o “*Six Sigma*”) e fazer com o mínimo de recursos afectos, (Custos e Tempo), ou eficiência (usando os princípios “*Lean*”) com aplicação directa aos métodos e fluxos produtivos.

O termo "*Lean Six Sigma*" refere-se a uma filosofia, objectivo e metodologia utilizadas no sentido de eliminar o desperdício e melhorar os níveis de qualidade, custo e tempo de uma qualquer actividade.

Estes métodos proporcionam a uma organização todo um conjunto de metodologias e ferramentas estatísticas que levam a uma evolução radical em termos de lucro e ganhos de qualidade.

O “*Lean Six Sigma*” é, precisamente, a combinação de duas metodologias centradas na melhoria dos processos, essenciais ao sucesso de qualquer organização.

Estamos portanto a falar da poderosa combinação e integração de:

- “*Six Sigma*”, como o método que visa a eliminação de defeitos, a melhoria da Qualidade e a redução da variação e,
- “*Lean*”, como o método que visa a melhoria dos tempos de ciclo e a eliminação de todo o tipo de desperdício.

A metodologia “*Six Sigma*” proporcionará uma melhoria do desempenho com ênfase nos aspectos críticos para a qualidade, do ponto de vista do cliente, reduzindo drasticamente a variação num dado processo.

Por outro lado, o “*Lean*” remeterá os aspectos relacionados com o tempo necessário à execução de dada tarefa, eliminado o desperdício e as actividades que não adicionem valor.

Estamos perante um círculo virtuoso em que, à medida que a melhoria de qualidade ajuda a reduzir os tempos produtivos, a própria redução desses tempos produtivos, por seu lado, ajuda igualmente à melhoria da qualidade. Integrando estas duas poderosas metodologias, a melhoria de resultados em termos de qualidade, custo e tempo aumenta exponencialmente e de forma muito mais rápida do que se aplicasse cada uma delas em separado e isoladamente. [30]

“Kanban”

Estes sistemas utilizam um dispositivo de sinalização para regular os fluxos *JIT*. “*Kanban*” significa “sinal” ou “cartão de instruções” em japonês. Os cartões formam o “*sistema pull*” (sistema puxado) “*kanban*”. A autorização para produzir ou fornecer peças adicionais vem de operações subsequentes (*downstream*). Na figura 14 mostra-se uma linha de montagem alimentada com peças por uma central de máquinas. A central de máquinas fabrica duas peças, A e B. Essas duas peças são armazenadas em contentores localizados junto à linha de montagem e à central de máquinas. Cada contentor próximo à linha de montagem possui um “*kanban*” de requisição e cada contentor junto à central de máquinas possui um “*Kanban*” de produção. Esse é, geralmente, denominado por *sistema “kanban”* com dois cartões. Quando a linha de montagem retira a primeira peça A de um contentor cheio, um funcionário pega no “*kanban*” de requisição do contentor e leva o cartão para a área de armazenagem da central de máquinas. Na área da central de máquinas, o funcionário encontra um contentor de peças A, retira o “*kanban*” de produção e o repõe com o “*kanban*” de requisição. A colocação do cartão nesse contentor autoriza a sua movimentação para a linha de montagem. O “*kanban*” de produção deixado anteriormente é colocado num suporte pela central de máquinas, que autoriza a produção de outro lote de materiais. Um processo idêntico é seguido para a peça B. Os cartões no suporte tornam-se a lista de expedição para a central de máquinas. [10]

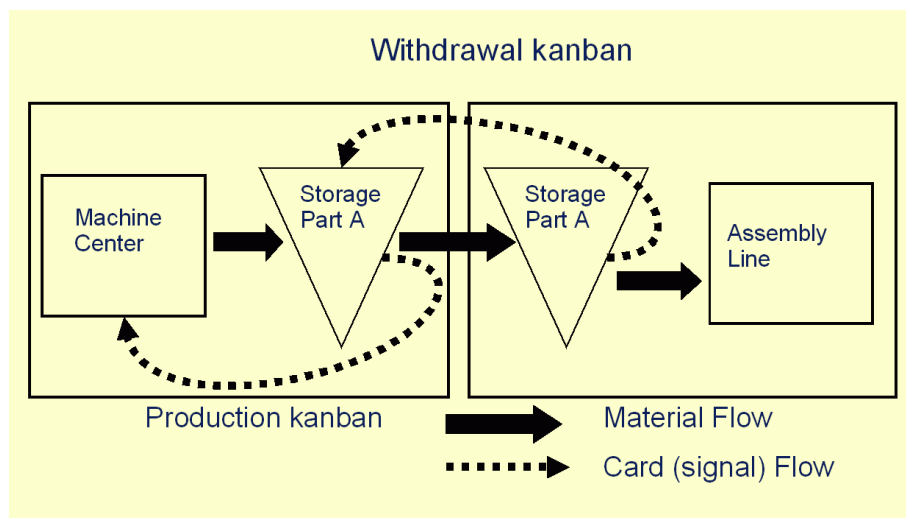


Fig. 15 - Fluxo de dois Kanban. Fonte [19]

Total Quality Management TQM (Gestão da Qualidade Total)

A qualidade é a chave para a vantagem competitiva no ambiente empresarial actual.

A *TQM* é um conjunto de práticas de gestão em toda a organização, voltada para garantir a satisfação dos requisitos do cliente. Realça a medição de processos e controlos como meio de melhoria contínua. [29]

A “*Gestão da Qualidade Total*” é importante para garantir a uma empresa a sobrevivência na competição crescente no mercado global. Os esforços contínuos na melhoria da qualidade, produtividade, custo e entrega atempada podem aumentar a competitividade de uma empresa. As empresas japonesas são actualmente muito bem sucedidas, devido aos esforços efectuados na adopção dos princípios da *TQM* e na implementação de práticas de qualidade, tal como entendido por gurus de qualidade, como Deming, Juran, Taguchi e outros. Esta filosofia é um elemento fundamental que garante às empresas atender as encomendas dos clientes no século XXI. A “*Gestão da Qualidade Total*” é vista como uma mais-valia não só para a comunidade de uma nação e dos trabalhadores, mas também ao vasto leque de comunidades do mundo através do fornecimento de excelentes produtos de excelentes empresas a preços mais acessíveis. [28]

No entanto, a implementação da gestão da qualidade não aconteceu ao mesmo ritmo nas diferentes regiões do mundo. Inicialmente a sua aplicação começou no Japão, nos Estados Unidos e na Europa, e, só posteriormente, nos países em desenvolvimento. Para competir no mercado global, as empresas dos países em desenvolvimento também devem implementar práticas de gestão da qualidade, ferramentas e técnicas em todas as vertentes da sua indústria.

CAPÍTULO IV – “Total Productive Maintenance” (TPM)

O Modelo *TPM*

O modelo *TPM* (em Português, Manutenção Produtiva Total) foi projectado para maximizar a produtividade dos equipamentos durante todo o seu ciclo de vida. O *TPM* promove um ambiente onde os esforços de melhoria da segurança, qualidade, entrega, custo e desempenho operacional de equipamentos são incentivados através da participação de todos os funcionários. O seu objectivo é maximizar a *Eficácia Geral do Equipamento (OEE)* no sentido de reduzir os tempos de paragem não planeada, resultando no aumento da capacidade produtiva e na redução de custos.

A drástica redução do tempo ocioso pode tornar-se a chave do sucesso de uma empresa. A implementação de um sistema *TPM* eficaz pode ser as respostas necessárias à obtenção desse sucesso.

A implantação de um sistema de “*Manutenção Produtiva Total*” numa empresa apresenta os seguintes benefícios:

- Redução do tempo de inactividade não planeado;
- Aumento da capacidade de produção;
- Redução dos gastos com manutenção e maior vida útil do equipamento;
- Operadores de máquinas envolvidos em maximizar o desempenho do equipamento;
- O plano de manutenção geral em vigor inclui a manutenção preventiva;
- Melhoria na qualidade dos produtos.

O *TPM* compreende um abrangente conjunto de actividades de manutenção que visam melhorar a performance e a produtividade dos equipamentos de uma empresa. A Palavra "Total" significa que toda a estrutura está envolvida na cultura e nas actividades do *TPM*, desde a administração, até aos operadores dos equipamentos. A implantação do modelo *TPM* obriga ao completo envolvimento de toda a organização e não somente de alguns grupos. Esta depende essencialmente da aceitação, aprovação e empenhamento da administração da empresa, que por sua vez deve divulgar, junto dos seus colaboradores, os seus conceitos e dar suporte para que o modelo evolua positivamente. [20]

Até finais da Segunda Grande Guerra, as empresas usavam, na sua maioria, políticas de manutenção correctiva. O que significa que, apenas quando os equipamentos paravam por motivos de quebra ou avaria grave é que se procedia à sua reparação e manutenção, com a inevitável paragem na produção. Após este período passaram a implementar conceitos de manutenção preventiva com base na redução dos tempos de paragem de produção por avaria dos equipamentos, tendo agregado posteriormente os conceitos de Manutenção do Sistema de Produção, Manutenção Correctiva de Melhorias, Prevenção da Manutenção e de Manutenção Produtiva

A Origem do Modelo TPM

O princípio do *TPM* surgiu nos Estados Unidos após a Segunda Guerra Mundial, com o aparecimento de várias teorias sobre manutenção preventiva e produtiva. A partir de 1950 estas teorias foram adoptadas pelos japoneses, por influência do Dr. W. Edwards Deming, e implementadas na sua indústria onde sofreram algumas adaptações à sua realidade. Nesta altura, as empresas japonesas procuravam desesperadamente encontrar soluções que permitissem recompor e relançar todo o tecido industrial.

Em 1951 surge o conceito de manutenção preventiva como uma espécie de check-up físico do equipamento, com o objectivo de evitar paragens. Passados seis anos, surge o conceito de manutenção correctiva com incorporação de melhorias através da expansão da manutenção preventiva, uma vez que além de prevenir paragens, pretende-se desenvolver o equipamento de forma a evitar falhas do mesmo e também tornar a sua manutenção mais fácil. Um pouco mais tarde, em 1960, surge o conceito de prevenção da manutenção, tendo como principal objectivo desenvolver o equipamento desde a sua concepção de forma a torná-lo livre de manutenção. [1] [21]

Até ao início da décadas de 70, a aplicação destes conceitos era uma atribuição quase exclusiva dos Departamentos de Manutenção das empresas e não cumpria de forma objectiva as necessidades de zero quebras, zero defeitos e zero acidentes.

Por fim, em 1971 com o envolvimento de todos os níveis da empresa, com o apoio da administração e chefias superiores e as actividades de pequenos grupos de operadores originaram a *Manutenção Produtiva Total* aplicada pela primeira vez pela empresa “Nippon denso”, um dos principais fabricantes japoneses de componentes eléctricos para a “Toyota Car Company”, sob a liderança do *Instituto Japonês de Engenharia Industrial* (JIPE – Japanese Institute of Plant Engineering) na figura de Seiichi Nakajima. O *JIPE* foi o precursor do *Instituto Japonês da Manutenção Industrial* (JIPM – Japanese Institute of Plant Maintenance), o órgão máximo de disseminação do *TPM* no mundo e que registou internacionalmente a sigla. [1] [22]

Desde o seu lançamento, muitas empresas adoptaram este modelo, cujos reflexos positivos se fazem já sentir no Sudoeste Asiático, nos Estados Unidos, no Brasil e na

Europa industrializada. Saliente-se que o modelo *TPM* engloba em si todas as políticas de manutenção, anteriormente descritas, sendo aplicadas caso a caso consoante as especificidades dos equipamentos a manter.

Somente na década de 1980, surgiram os primeiros livros e artigos relacionados com o *TPM*, escritos por Seiicho Nakajima e por outros autores japoneses e americanos. O primeiro congresso mundial de *Manutenção Produtiva Total* realizou-se nos Estados Unidos no ano de 1990. [23]

A partir da mesma década, os pequenos grupos de operadores passaram a incorporar às suas actividades de *TPM*, as técnicas de manutenção preditiva que marcavam o início da era da manutenção baseada não no tempo de uso do equipamento, mas sim na sua condição.

Desde o seu surgimento o TPM apresenta uma evolução constante que pode ser dividida em quatro gerações. [22]

Desde o seu surgimento, as acções do *TPM* para maximizar a eficiência global dos equipamentos evidenciavam apenas as perdas por falhas e geralmente eram apontadas, pelos departamentos relacionados, directamente ao equipamento. Esse período pode ser apontado como a primeira geração do *TPM*.

A segunda geração, tem o seu início na década de 80, período em que o objectivo da maximização da eficiência passa a ser procurado através da eliminação das seis principais perdas nos equipamentos:

- Perda por motivo de quebra ou falha;
- Perda por preparação e/ou ajuste;
- Perda por operações em vazio e pequenas paragens;
- Perda por velocidade reduzida;
- Perda por defeitos no processo e perda no início da produção.

A terceira geração surge no final da década de 80 início da década de 90, onde a maximização da eficiência deixa de ser somente o equipamento e passa a ser o sistema de produção. A maximização da eficiência passa a ser procurada então através da eliminação de dezasseis grandes perdas:

- Oito perdas ligadas aos equipamentos: por quebra ou falha, por instalação e ajustes, por mudanças de dispositivos de controlo e ferramentas, por início de produção, por pequenas paragens e inactividade, por velocidade reduzida, por defeitos e retrabalhos e perda por tempo ocioso;
- Cinco perdas ligadas às pessoas: falha na administração, perda por mobilidade operacional, perda por organização da linha, perda por logística e perda por medições e ajustes;
- Três perdas ligadas aos recursos físicos de produção: perda por falha e troca de matrizes, ferramentas e gabaritos, perda por falha de energia e perda de tecnologia.

A quarta geração do *TPM* inicia-se a partir de 1999, considera que o envolvimento de toda a organização na eliminação das perdas, redução dos custos e maximização da eficiência ainda é limitado. Essa geração contempla uma visão mais estratégica da gestão e o envolvimento também de sectores como o comercial, de pesquisa e desenvolvimento de produtos, para eliminação de 20 grandes perdas divididas entre processos, inventários, distribuição e compras. [23]

	1ª geração 1970	2ª geração 1980	3ª geração 1990	4ª geração 2000
Estratégia	Máxima eficiência dos equipamentos		Produção e TPM	Gestão e TPM
Foco	Equipamento		Sistema de Produção	Sistema geral da Companhia
Perdas	Perda por falha	Seis principais perdas nos equipamentos	Dezesseis perdas (equipamentos, fatores humanos e recursos na produção)	Vinte perdas (processos, inventário, distribuição e compras)

Fig. 16 - Quadro exemplificativo das gerações *TPM*

Os Objectivos da TPM

Este modelo representa uma filosofia de gestão que permite a libertação da criatividade potencial, escondida e inexplorada, dos colaboradores de uma empresa. Esses colaboradores, frequentemente ocupados com actividades aparentemente repetitivas, muito podem contribuir se tal lhes for facultado e permitido, pelas estruturas dirigentes de topo. O objectivo da *TPM* consiste em promover uma cultura empresarial de gestão, em que os operadores dos equipamentos sintam que possuem, eles próprios, as suas máquinas, que possam desenvolver as suas capacidades criativas e de aprendizagem, e que possam igualmente libertar-se das tarefas repetitivas, dedicando-se a tarefas mais nobres e enriquecedoras, como a análise de avarias e a utilização de meios sofisticados de diagnóstico, participando de forma directa e activa nas actividades de produção e de manutenção.

Por conseguinte, o objectivo está na melhoria da estrutura empresarial mediante a melhoria da qualidade dos recursos materiais e humanos. Melhoria da qualidade de recursos humanos significa a implementação de uma estrutura de formação contínua, como é apanágio deste modelo de manutenção. Ou seja, cada colaborador deverá adquirir novas capacidades e/ou desenvolver as suas. [9]

Através da melhoria da qualidade dos recursos humanos, realiza-se, obviamente, a melhoria da qualidade e do desempenho dos recursos materiais, devido ao aumento da preparação técnica que aqueles recursos passarão a possuir, para encetarem acções de manutenção directa de uma forma mais racional. Na melhoria da qualidade dos equipamentos devem ter-se em atenção os seguintes factores:

- a eficiência global deverá ser alcançada através da melhoria da qualidade e da disponibilidade operacional dos equipamentos;
- deverá ser elaborado um projecto LCC, isto é de Lyfe Cycle Cost (Custo do Ciclo de Vida) de novos equipamentos, que deverão entrar imediatamente no processo produtivo, sem esperas nem atrasos na sua montagem e instalação. [9]

Para se atingir a eficiência global dos equipamentos, a TPM procura a eliminação de todas perdas. Tradicionalmente, a identificação dessas perdas era realizada ao analisar-se estatisticamente os resultados de exploração desses equipamentos, pretendendo a determinação de cada problema surgido, e só posteriormente efectuar a investigação das suas causas. O método adoptado pela TPM passa a examinar a produção de “inputs” como causa directa dos problemas. É um método bastante mais proactivo do que reactivo, como o tradicional, na medida em que corrige as deficiências nos equipamentos, colmata as deficiências de formação técnica dos operadores, e permite igualmente o conhecimento dos equipamentos por parte dos administradores da empresa.

A *Manutenção Produtiva Total* não só é um importante elo para a prática do “*Just-in-Time*”, como também se torna decisiva na qualidade final do produto, uma vez que participa directamente na manutenção dos processos produtivos. Assim, deve apontar para a necessidade da existência de controlos, registos e acompanhamentos dos processos de fabricação, de forma a cumprir todas as normas e requisitos de qualidade exigidos para a certificação da empresa.

As metodologias do modelo *TPM* conduzem a que os intervenientes no processo procurem a máxima eficiência dos processos produtivos, através do combate às perdas ocasionadas por avarias e defeitos nos equipamentos de produção, por produtos defeituosos, e por processos inadequados. Por conseguinte, deve-se alcançar a disponibilidade operacional máxima dos equipamentos. O modelo deverá ser desenvolvido com uma maior simplicidade que as descritas nos livros teóricos, e a sua estratégia consiste em dar prioridade aos esforços na implantação de medidas práticas que originem resultados a curto e a médio prazo.

Com este modelo, privilegiam-se as acções de manutenção preventiva, reduzem-se os tempos de substituição de peças, na medida em que existe uma racionalização dos procedimentos com uma optimização dos recursos materiais e humanos, e existe uma descentralização das acções de manutenção para os operadores dos equipamentos. [9]

As Seis Principais Perdas na Produção

Estas seis grandes perdas, que diminuem o desempenho global dos processos produtivos, e que a Manutenção Produtiva Total procura eliminar, dividem-se em três grandes grupos, como se esquematiza seguidamente:

1 – Tempos de paragem

- paragens devidas a avarias nos equipamentos;
- paragens para reposição dos valores de origem, e para afinações e regulações.

2 – Perdas de velocidade

- reduções na velocidade (cadência) dos equipamentos, que provocam atrasos no processo produtivo;
- operações em vazio e pequenas paragens.

3 – Defeitos

- defeitos inerentes ao próprio processo, devido à fabricação de produtos mais ou menos defeituosos; redução do processo produtivo motivada pelo arranque dos equipamentos.

Após o início da implementação do TPM, as empresas recorrem a diversos tipos de indicadores, que permitem avaliar o decorrer de todo o processo, incluindo o cumprimento dos objectivos definidos. Do universo de indicadores comuns, são referidos alguns exemplos:

- “OEE – Overall Equipment Effectiveness” (Eficiência dos Equipamentos);

- “MTBF – Mean Time Between Failures” (Tempo Médio entre Falhas);
- “MTTR – Mean Time To Repair” (Tempo Médio entre Reparações);
- “CCP – Cost per Piece” (Custo por Peça);
- “BTS – Build to Schedule” (Peças Feitas segundo o Planeamento);
- “SHARP – Safety & Health Assessment & Review Process” (Avaliação da Segurança e da Saúde e Revisão do Processo);
- TRS – Taxa de Rendimento Sintética.

O cálculo da eficiência global do equipamento (OEE), engloba, por conseguinte, as consequências daquelas seis grandes perdas, e inclui os seguintes factores:

- 1 – Tempo** – encontra-se relacionado com a Disponibilidade Operacional (*Do*)
- 2 – Velocidade** – encontra-se relacionada com o Rendimento Operacional (*Ro*)
- 3 – Qualidade** – encontra-se relacionada com a Taxa de Qualidade (*Tq*). [9]

Os Oito Pilares do *TPM*

Na metodologia da *Manutenção Produtiva Total*, para a eliminação das seis grandes perdas de produção, explicitadas no capítulo anterior, devem instalar-se oito actividades fundamentais, designadas universalmente por “*oito pilares da TPM*” ou “*oito pilares de sustentação do desenvolvimento da TPM*”, propostos pelo *JIPM*. [27]

Na sua estrutura inicial, o modelo *TPM* continha cinco pilares ou actividades, estabelecidos como fundamentais para assegurarem a sustentação do desenvolvimento da metodologia proposta. Posteriormente, foram incluídos mais três pilares ou actividades, com a finalidade de relacionarem as actividades da manutenção industrial com a qualidade, a segurança, a higiene, e o meio ambiente.

Os oito pilares básicos que sustentam a *Manutenção Produtiva Total* são então os seguintes:

- 1 - **Melhorias Específicas** nos equipamentos, para se aumentar a sua disponibilidade operacional;
- 2 - Criação de uma estrutura de **Manutenção Autónoma**;
- 3 - Criação de uma estrutura de **Manutenção Planeada**;
- 4 - Criação de uma estrutura de **Manutenção da Qualidade**;
- 5 - **Controlo Inicial** do estado de funcionamento dos equipamentos;
- 6 - **Educação e Formação** dos recursos humanos associados à Função Produção e à Função Manutenção;
- 7 **Áreas Administrativas** eficientes;
- 8 **Segurança no Trabalho e Protecção do Meio Ambiente**.

Atendendo a que a filosofia *TPM* impõe uma mudança radical na cultura das organizações, as modificações estruturais e comportamentais poderão não ocorrer automaticamente, de forma imediata, como seria desejável. A velocidade de mudança depende fortemente da especificidade estrutural de cada empresa, do seu desenvolvimento

tecnológico, da sua dimensão, e da forma de pensar e agir da sua administração, que terá um papel fundamental na elaboração de um plano bem organizado que permita a rápida adopção da *TPM*. Nunca é demais relembrar que o modelo objectiva a maximização do rendimento operacional global, e, para que tal aconteça, torna-se necessário assegurar os seguintes itens:

- Manter os equipamentos em condições ideais de funcionamento;
- Assegurar formação contínua a todos os colaboradores;
- Cumprir rigorosamente todos os procedimentos técnicos.

Dos oito pilares atrás discriminados, normalmente são utilizados, com mais frequência, apenas quatro deles na fase inicial de instalação da *TPM*:

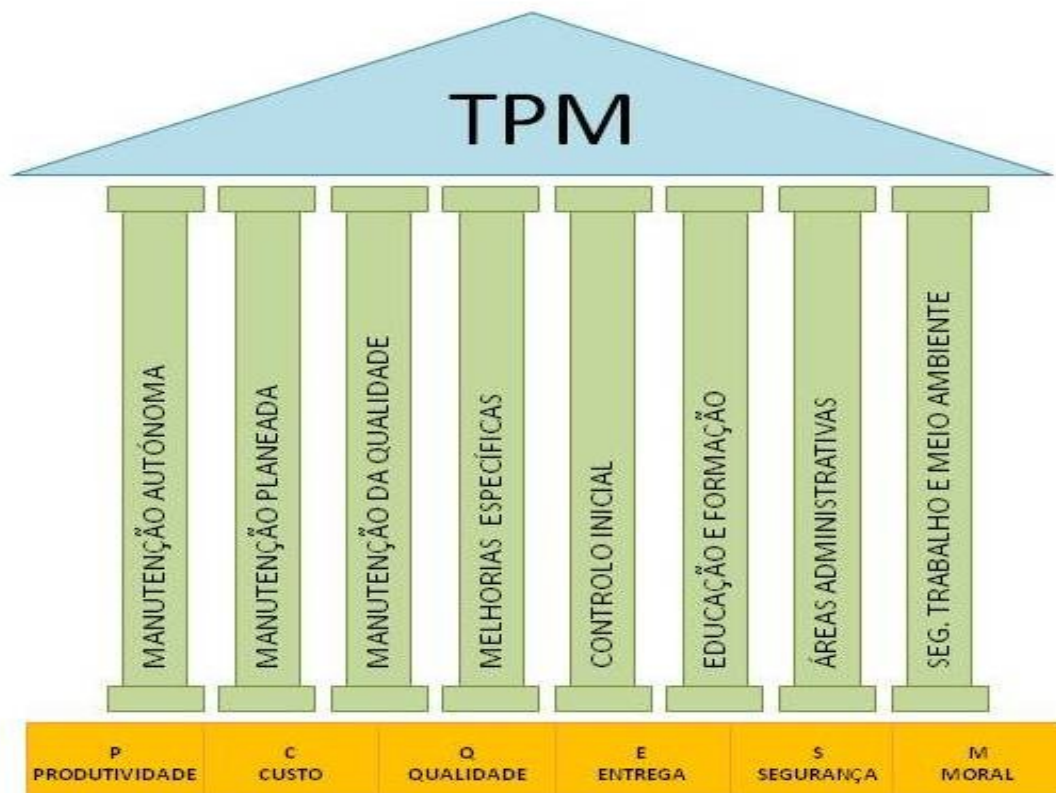


Fig. 17 - Os oito pilares do TPM. Fonte [9]

1 - Pilar de Melhorias Específicas

Este pilar aborda a eliminação das seis grandes perdas e a eficiência global dos equipamentos envolvidos no processo produtivo, mas não deve levar em linha de conta, de forma separada, a eficiência máxima de cada equipamento, na medida em que essa postura de análise individual poderia gerar desperdícios, de acordo com os seguintes conceitos:

- a quantidade de produtos a serem fabricados deve ser determinada unicamente com base no número de pedidos, isto é, com base na procura assegurada à partida;
- se os processos produtivos de capacidade mais reduzida conseguem produzir a quantidade de produtos requerida, então os processos produtivos de maior capacidade deverão ser mantidos ao mesmo nível daqueles, através da redução da cadência de produção, ou produzir de forma intermitente;
- se a capacidade de produção dos processos produtivos de capacidade mais reduzida é insuficiente para assegurar a fabricação da quantidade de produtos requerida, então ela deverá ser melhorada.

Estes conceitos vêm assim contrariar a postura convencional, de que os processos produtivos devem operar sempre com a máxima eficiência.

2 - Pilar de Manutenção Autônoma

Este pilar representa uma das partes mais visíveis da filosofia *TPM*, onde o impacto visual e as mudanças no ambiente de trabalho são observadas com um aumento do compromisso dos operadores dos equipamentos e dos técnicos de manutenção. Com este pilar pretende-se:

- evitar o desgaste acentuado dos equipamentos, recorrendo-se a inspeções diárias e a intervenções de manutenção bem planeadas;
- estabelecer os parâmetros básicos necessários para se manter os equipamentos permanentemente em boas condições;

- manter as condições ideais do equipamento, através, se necessário for, de acções de manutenção melhorativa.

A sua adopção compreende os seguintes propósitos:

- 1 - determinar uma meta comum para as Funções Produção e Manutenção, para que se possam estabelecer as condições básicas de bom funcionamento dos equipamentos, de forma a reduzir o seu desgaste acelerado;
- 2 - determinar os programas de formação mais adequados para os operadores dos equipamentos, com a finalidade de os especializar relativamente aos seus equipamentos – como funcionam, quais as anomalias mais frequentes, quais os modos de as resolver mais rapidamente, como evitá-las;
- 3 - preparar os operadores para serem parceiros activos nas actividades de manutenção, contribuindo assim para a melhoria contínua da fiabilidade, da manutibilidade, e do rendimento global do processo produtivo.

Todos estes propósitos são atingidos através do desenvolvimento de um programa que efectue fundamentalmente mudanças nas formas de pensar e agir dos recursos humanos, nos aspectos dos locais de trabalho, e na forma de operar e de explorar os equipamentos.

3 - Pilar de Manutenção Planeada

Este pilar tem como objectivo a criação de uma estrutura de manutenção planeada, que consiga fazer com que os equipamentos atinjam a sua disponibilidade operacional máxima. A *Função Manutenção* deverá ser gerida e organizada no sentido de se planearem as diversas actividades de manutenção, com o fim de se eliminarem as avarias e as consequentes paragens de carácter aleatório.

Em termos tradicionais, um dos factores que mais contribui, de forma considerável, para a existência de tempos excessivos de paragem dos equipamentos assim como para a

reduzida confiança no sector de manutenção da empresa, consiste na necessidade da improvisação, justificada quase sempre pelo facto de não existirem peças de reposição em stock e porque não existem igualmente ferramentas especializadas na ferramentaria, ou ainda porque os serviços de produção exigem tempos de reparação muito reduzidos, inferiores aos necessários para uma correcta acção de manutenção. Com a adopção do modelo *TPM*, estas posturas desaparecem completamente, na medida em que se verifica a participação de todos na resolução dos problemas de produção e de manutenção.

Por outro lado, a existência em stock de consumíveis e de peças sobresselentes de baixa qualidade, conduz a quebras de produção devido à redução da fiabilidade dos equipamentos e descredibiliza o sector de manutenção.

Pelo exposto, constata-se haver dois campos totalmente opostos – a clássica conservação industrial e a manutenção planeada, de forma sustentada, exigida como sendo um dos pilares do modelo *TPM*.

A conservação industrial apresenta as seguintes características, impensáveis numa filosofia *TPM*:

- taxa elevada de trabalho repetitivo;
- perdas de tempo consideráveis por parte dos recursos humanos, na medida em que os colaboradores da empresa têm que acudir a diversos locais e equipamentos, perdendo bastante tempo, não produtivo, em deslocações;
- inexistência de recursos humanos altamente qualificados;
- convivência pacífica com problemas técnicos e organizacionais crónicos;
- falta de peças sobresselentes em stock, e ausência de um modelo de gestão de stocks;
- número elevado de tarefas e actividades não planeadas ou previstas;
- reduzida produtividade;
- ausência de históricos de avarias;
- atendimentos solicitados verbalmente, sem controlo e sem execução de ordens de serviço escritas;
- utilização de ferramentas e acessórios desadequados e pouco seguros;

- serviço extraordinário excessivo;
- ausência de planeamento prévio das actividades de manutenção;
- utilização praticamente exclusiva de manutenção correctiva.

Estas características têm, como é sabido da prática, as seguintes consequências:

- recursos humanos pouco motivados;
- incumprimento de prazos;
- reclamações e discussões constantes entre os diferentes sectores da empresa;
- reduzida disponibilidade operacional dos equipamentos;
- os *MTBFs* (Mean Times Between Failures – Tempos Médios Entre Avarias) dos equipamentos são bastante curtos, e, em contrapartida, os respectivos *MTTRs* (Mean Times To Repair – Tempos Médios de Reparação) são elevados;
- perdas de produção significativas, devido às paragens frequentes dos equipamentos;
- ausência de registos, de medições, de controlos, de análises, e, sobretudo, de planeamento.

Como se pode facilmente constatar, todas as empresas colhem benefícios significativos ao adoptarem políticas e modelos de manutenção planeada, em lugar de continuarem a deixar que tudo funcione aleatoriamente.

4 - Pilar de Educação e Formação

Este pilar tem como objectivo o aumento das capacidades técnicas dos recursos humanos envolvidos no processo produtivo e nas actividades de manutenção, para que se consiga atingir um grau elevado de confiança no desempenho das suas funções, resultando assim um aumento da motivação, da participação, e da sua satisfação profissional. Através de todas estas melhorias, evidentemente que se conseguirá a maximização da eficiência global da empresa, em todas as suas vertentes.

Os princípios deste pilar assentam nos seguintes pressupostos:

- a delegação de competências e de responsabilidades representa a base da educação e da formação profissional;
- as pessoas têm que aceitar a sua própria formação, e têm que desejar essa mesma formação, na medida em que a participação é a palavra chave para despertar o desejo de ser formado;
- os procedimentos operacionais representam a descrição dos trabalhos a realizar em cada tarefa concreta, e deverão incluir desenhos, fotos, vídeos, filmes, para que o trabalho seja standardizado e facilitado;
- a formação é um meio para se atingir um objectivo;
- toda a formação deverá ser acompanhada através da aplicação prática directa dos conhecimentos adquiridos;
- sempre que possível, os monitores de formação deverão ser colaboradores internos da empresa, oriundos dos seus diversos departamentos, com uma larga experiência de conhecimentos;
- quando a estrutura de formação contínua se encontrar consolidada no interior da empresa, as respectivas acções formativas deverão ser padronizadas, para que os conhecimentos transmitidos em cursos iguais, consecutivos, seja sempre a mesma;
- é necessário criar-se um plano de educação e de formação;
- toda a formação conduzida no interior da empresa deverá ser da responsabilidade total da chefia directa dos formandos;
- o conhecimento caminha na direcção do elogio.

Em cada empresa é importante saber-se qual a complexidade dos seus equipamentos assim como o nível de conhecimentos dos seus recursos humanos, para que se possa elaborar um planeamento consistente das actividades de formação, que deverá ser, obviamente, de carácter contínuo. Deverá ter-se sempre em atenção as especificidades próprias de cada empresa, ao propor-se um plano de formação, para que possa resultar em

sucesso. Torna-se evidente que as necessidades de uma pequena ou média empresa diferem significativamente das de uma grande organização.

A prática tem vindo a demonstrar, por estranho que possa parecer, que as maiores dificuldades que surgem aquando da instalação e desenvolvimento do modelo TPM, provêm exactamente dos recursos humanos colocados ao mais alto nível, ou seja, gerentes, administradores, supervisores, e directores de departamentos.

Para que se consigam atingir os melhores resultados, deve-se mudar radicalmente o modelo de gestão, transformando os gestores paternalistas e autoritários em gestores participativos, que permitam o desenvolvimento profissional sustentado de todos os recursos humanos, de acordo com os seguintes princípios:

- desenvolvimento de pessoas;
- desenvolvimento de melhorias;
- resolução de problemas;
- auto-controlo.

Saliente-se que a filosofia TPM procura exactamente o auto-controlo de todos os recursos humanos envolvidos na estrutura das empresas, para se conseguir atingir a maximização do rendimento operacional global. [9]

Os Cinco “S’s”

As origens da metodologia “*Cinco S’s*” remontam ao final da segunda guerra mundial, mais precisamente à década de cinquenta do século passado e foi desenvolvida por “Kaoru Ishikawa. Este movimento nasceu no seio da indústria japonesa e foi parte integrante do esforço de reconstrução do país, contribuindo para a melhoria da qualidade dos produtos fabricados no Japão. Basicamente, o movimento “*Cinco S’s*” é a determinação da necessidade de organizar o local de trabalho, arrumar, limpar, manter rotinas padronizadas e ter disciplina. Os factores enunciados são, sem margem de dúvida, essenciais para a realização de um bom trabalho. [26]

Poder-se-á afirmar que a aplicação deste programa é como praticar-se bons hábitos de trabalho ou ter-se bom senso. Apesar da simplicidade dos conceitos e da facilidade de aplicação em termos práticos, a sua implantação efectiva não constitui tarefa fácil, uma vez que a essência dos seus conceitos representa a mudança de atitudes e hábitos das pessoas, por vezes, culturalmente, demasiadamente enraizados. Essa mudança irá exigir uma grande formação por parte de todos os colaboradores da empresa, característica esta, que nem sempre se encontra no seio das empresas. [9]

Os principais objectivos da metodologia “*Cinco S’s*” são:

Ao nível da ambiente de trabalho:

- Transformar o ambiente da empresa (Empresas brancas);
- Melhorar a qualidade de trabalho dos colaboradores;
- Garantir uma segurança mais eficiente;
- Modificar a atitude dos colaboradores.

Ao nível da produção:

- Aumentar a produtividade;
- Diminuir problemas com a qualidade;
- Reduzir custos;

- Reduzir Stocks;
- Aumentar a reactividade. [26]

Conforme se referiu anteriormente, o conceito básico da metodologia “*Cinco S’s*” consiste na qualidade de vida dos recursos humanos, através da criação de melhores condições de trabalho, resultando numa maior produtividade obtida com maior qualidade. Esta metodologia surgiu das iniciais das seguintes cinco palavras de origem japonesa: **SEIRI**, **SEITON**, **SEISO**, **SEIKETSU**, e **SHITSUKE**, que têm, respectivamente, os seguintes significados:

SEIRI – organização e utilização. Manter no local de trabalho apenas o material, ferramentas e equipamentos estritamente necessários, separando assim o útil do inútil. Apresenta os seguintes benefícios:

- optimização do local de trabalho;
- maior rapidez na procura do material necessário;
- descarte do desnecessário e/ou do obsoleto;
- conhecer com exactidão o material existente.

SEITON – ordenação e arrumação. Manter no local de trabalho o material, as ferramentas e os equipamentos de forma organizada, isto é, cada peça deverá ter o seu local específico de arrumação. Apresenta os seguintes benefícios:

- diminuição dos riscos de acidentes;
- diminuição de stocks e de movimentação de peças e equipamentos;
- conhecimento real do material disponível;
- melhorias no controlo visual;
- rapidez na procura de peças.

SEISO – limpeza. Trabalhar tendo o cuidado em manter limpo o local e o material de trabalho, e procurar eventuais causas que possam diminuir o rendimento de trabalho. Apresenta os seguintes benefícios:

- redução dos custos de manutenção;
- aumento da motivação dos operários;
- aumento da vida útil das ferramentas e dos equipamentos;
- ambiente de trabalho mais agradável.

SEIKETSU – padronização e higiene. Manter todos os sectores da empresa com as mesmas características, através da combinação de **SEIRI**, **SEITON** e **SEISO**. Apresenta os seguintes benefícios:

- maior entendimento entre os colaboradores da empresa;
- aumento da integração entre diferentes áreas;
- aumento do controlo visual;
- aumento do bem estar dos colaboradores;
- aumento da motivação;
- optimização do tempo laboral.

SHITSUKE – auto-disciplina. Representa a auto-disciplina através da interiorização de bons hábitos e de bons costumes, tratando igualmente da actualização constante de conhecimentos por parte de todos os intervenientes no processo produtivo. Apresenta os seguintes benefícios:

- aumento das inter-relações;
- expansão da criatividade;
- cumprimento das normas de procedimentos definidos;
- consciencialização de valores éticos e morais;
- melhorias no desenvolvimento profissional;

- ascensão na carreira profissional;
- redução dos acidentes de trabalho. [9]

A relevância desta metodologia pode ser vista num exemplo simples. Se imaginarmos uma situação em que é necessário proceder à busca de uma determinada ferramenta perdida num local de trabalho, verifica-se uma perda de tempo. O que não se constata de imediato é que não se perde apenas tempo, estamos perante um factor de risco para a própria empresa. Normalmente quando ocorrem situações de perda de ferramentas, o instinto de qualquer colaborador é o de procurar a mesma no local de trabalho, revirando-o. Este facto pode potenciar o risco de provocar a desorganização. Este tipo de ocorrência pode ainda conduzir o colaborador à frustração e desinteresse pela realização das suas tarefas momentaneamente, fomentando o diálogo com outros colaboradores, ou qualquer outra actividade não predefinida. Nesse momento introduz-se variabilidade de trabalho, não só para um colaborador mas para dois ou mais colaboradores. Como tal, esta situação não acrescenta qualquer valor à organização, aumentando seriamente o risco de acidente, diminuindo a produtividade, etc. Se o simples desaparecimento de uma ferramenta poderia provocar tudo o descrito, pode-se imaginar as consequências no caso do desaparecimento de um componente da linha de produção, imprescindível para a realização de uma operação. [26]

Implementação da metodologia “Cinco S’s”

A implementação da metodologia “*Cinco S’s*” fica à responsabilidade de todos os colaboradores da empresa. Para uma correcta e eficaz aplicação da metodologia é necessária a criação de equipas de melhoria, nessas equipas deverá existir um administrador de projecto, um facilitador, um piloto e os membros da equipa.

Administrador do projecto

O administrador do projecto tem de ser uma pessoa familiarizada com a metodologia “*Cinco S’s*”, que informa da necessidade da criação de um grupo de melhoria na matéria, recolhe informação e coloca-a ao dispor do grupo. Ao administrador compete assegurar e validar que os passos da metodologia são compreendidos, aplicados e respeitados. Sobre os administradores recai também a responsabilidade de transmitir a informação, que verticalmente (responsável da produção, responsável de fábrica) quer horizontalmente (membros da equipa “*Cinco S’s*”), bem como definir os objectivos.

Facilitador do projecto

O facilitador tem como função fornecer apoio ao grupo de melhoria “*Cinco S’s*”, ajudando nas inspecções diárias e nas auditorias, procedendo à ligação com a administração de forma a obter apoios e recursos para uma eficiente aplicação da metodologia. Por outro lado, tem a responsabilidade de assegurar que as data são respeitadas e alcançadas. Deve fornecer uma vigilância diária e assegurar que a equipa está consciente, em todo o momento, do estado em que se encontra.

Piloto e membros da equipa

O piloto é responsável pela criação da equipa, pela análise das lacunas de conhecimento da sua equipa no decorrer da acção, pela definição das prioridades e recursos necessários para a realização da acção, bem como pela manutenção e cumprimento dos períodos de tempo destinados à mesma. [26]

CAPÍTULO V – Comparação do *TPM* com
Outros Modelos de Gestão

Resumidamente, todos os modelos e/ou filosofias de gestão industrial estudados apresentam objectivos principais muito semelhantes, o aumento da produtividade, a procura de perda zero e a redução de custos.

Apesar de alguns serem mais complexos que outros, todos procuram implementar estratégias de melhoria na produção, na qualidade e no ambiente de trabalho da empresa, quer seja através da fiabilidade dos equipamentos ou através de modificações nas responsabilidades dos colaboradores e nos processos de fabrico.

Como foi relatado nos capítulos anteriores, os modelos de gestão industrial apresentam alguns conceitos comuns com o “*Total Productive Maintenance*”.

As metodologias do modelo *TPM* conduzem a que os intervenientes no processo procurem a máxima eficiência dos processos produtivos, através do combate às perdas ocasionadas por avarias e defeitos nos equipamentos de produção, por produtos defeituosos, e por processos inadequados. Este modelo foi projectado para maximizar a produtividade dos equipamentos durante todo o seu ciclo de vida. O seu objectivo é maximizar a eficácia geral do equipamento no sentido de reduzir tempos de paragem não planeada, resultando no aumento da capacidade produtiva e na redução de custos. A implementação do modelo numa empresa apresenta bastantes benefícios: redução do tempo de inactividade não planeado, aumento da capacidade de produção, redução dos gastos com manutenção e maior vida útil do equipamento, operadores de máquinas envolvidos em maximizar o desempenho do equipamento, melhoria na qualidade dos produtos. No entanto, para que o programa tenha sucesso torna-se necessário eliminar, entre outros aspectos, todos os desperdícios existentes no processo.

Como vimos no Capítulo III, a filosofia “*Lean Manufacturing*” é um conjunto integrado de actividades desenvolvidas para alcançar uma produção de alto volume usando stocks mínimos de matérias-primas, de materiais em processo e de produtos acabados. A necessidade de produção é criada pela procura real do produto. Eliminando estes sete tipos de desperdícios: excesso de produção, tempos de espera, transporte, processamento desnecessário, stocks, movimentos inúteis e defeitos/falhas - a qualidade é maior, o tempo e os custos da produção são reduzidos. Ora, como verificámos no Capítulo IV, também o *TPM* procura eliminar desperdícios, no sentido de reduzir os custos globais da produção.

Comparando estes dois modelos de gestão, é possível concluir que o “*Lean Manufacturing*” é mais direccionado para a produção, ao passo que o *TPM* se direcciona tanto no sentido da produção como no sentido da manutenção. No entanto, na real situação da indústria mundial, os dois factores (manutenção e produção) já se tornam quase indissociáveis, devido ao grande entrosamento que, necessariamente, apresentam. Apesar dos conceitos comuns anteriormente identificados, o *TPM* e o “*Lean Manufacturing*” possuem outro, bastante importante, o respeito pelas ideias e pelas opiniões dos colaboradores. Nos dois modelos, a opinião dos funcionários da empresa, é tida em conta e consideração para o desenvolvimento dos mesmos. Os operadores dos equipamentos são, obviamente, quem melhor os conhece, então, serão as pessoas mais indicadas para poderem identificar quais os problemas mais frequentes ou quais as melhorias susceptíveis de apresentar melhores resultados.

O recurso ao “*Just-in-Time*” é outro conceito comum às duas filosofias. Estas utilizam o conceito no sentido de eliminar algumas acções que não acrescentam valor ao processo, nomeadamente, a produção desnecessária e stocks excessivos. O “*Just-in-Time*” é um sistema, onde a sua essência, reside na redução ao mínimo dos desperdícios, produzindo o estritamente necessário e apenas, quando necessário.

Paralelamente, pudemos verificar que um dos objectivos da *TPM* é manter os equipamentos em tal estado de fiabilidade que reduzam a zero o número de peças com defeitos, na produção, logo, podemos comparar esta filosofia, para além do “*Just-in-time*”, à filosofia “*Six Sigma*”.

Comparando o modelo “*Total Productive Maintenance*” com os outros modelos estudados, podemos destacar que, apesar de todos os conceitos comuns e dos objectivos serem praticamente os mesmos em todos os modelos, o *TPM* é mais abrangente que os restantes, em determinados ambientes industriais, como é o caso da indústria de processos. As preocupações do programa passam pela globalidade da empresa e nunca por, apenas, alguns departamentos. Como vimos, o *TPM* assenta em pilares tão diferentes como os ligados à manutenção, produção, recursos humanos, meio ambiente e segurança no trabalho.

A implementação do *TPM* obriga, para além de mudanças nos trâmites habituais de produção e manutenção, a uma completa alteração da cultura da empresa e, acima de tudo, na consciencialização dos recursos humanos para a necessidade do sucesso do modelo.

CAPÍTULO VI - Implementação

Fases de Implementação do Modelo *TPM*

A implementação da Manutenção Produtiva Total entende doze etapas, referentes a quatro fases de implementação, sendo as seguintes:

1ª Fase - Preparação para a Introdução: A primeira fase de implementação do modelo compreende as etapas 1 a 5 do programa de implementação. É nesta fase que se decide a implementação do modelo por parte da administração, preparação dos quadros da empresa e definição de metas e objectivos com a elaboração do **Plano Director**.

2ª Fase – Início da implementação: Esta fase coincide com a sexta etapa. Marca o arranque da implementação da *TPM*, devendo, para o efeito, organizar-se um evento que assinale a data e firme o compromisso com clientes e colaboradores.

3ª Fase – Implementação: Compreende as etapas 7 a 11. Nesta fase, coloca-se em prática tudo o que foi estabelecido no **Plano Director** e procura-se aperfeiçoar os equipamentos para o sucesso do modelo.

4ª Fase – Consolidação: Sendo esta a última fase de implementação da *TPM*, o modelo já se encontra totalmente executado e em prática na globalidade da empresa. A partir daqui, é importante encontrar sempre formas de melhoria e procurar novos e mais completos desafios.

1ª Etapa – Manifestação da administração sobre a decisão de introduzir a *TPM*; A tomada de decisão da administração da empresa em introduzir o modelo *TPM*, deverá ser difundida a todos os funcionários, em virtude de que todos eles deverão consciencializar-se para colaborarem no desenvolvimento das expectativas inerentes ao modelo, assim como na implementação das metas a atingir. Em reunião entre a administração e os quadros médios de topo e intermédios, deverá ser comunicada a decisão de implantação da “*Manutenção Produtiva Total*”.

Posteriormente, deve-se proceder à organização de eventos tais como, seminários, workshops, sessões de esclarecimento, e encontros, sobre a *TPM*, direccionados para todos os executivos e recursos humanos de chefia, onde deverá ser reafirmada a intenção da adopção da *TPM*. Esta intenção deverá igualmente ser publicitada no boletim interno da empresa, caso este exista.

Aconselha-se que a *TPM* seja desenvolvida como um todo, no interior da empresa. No entanto, quando se tratar de uma empresa de grande dimensão, com diversas unidades produtivas descentralizadas, localizadas no próprio país e/ou no estrangeiro, devem-se seleccionar algumas dessas unidades, encaradas como unidades piloto, e introduzir nelas a metodologia *TPM*. A partir dos resultados obtidos nessas unidades piloto, a *TPM* será então introduzida em todas as restantes unidades da empresa.

2ª Etapa – Campanha de divulgação e formação para a introdução da *TPM*: O modelo *TPM* exige alguns conhecimentos técnicos de base, pelo qual se torna fundamental que exista à partida uma formação mínima por parte de todos os intervenientes. Assim, à medida que seja feita formação contínua para a implantação da *TPM*, em todos os níveis hierárquicos da empresa, consegue obter-se uma maior compreensão do tema, por parte de todos os colaboradores da empresa, que passarão igualmente a utilizar uma linguagem comum e mais evoluída. Deste modo, aumenta a motivação de todos os recursos humanos para novos desafios, que trarão grandes vantagens quer do ponto de vista individual, quer do ponto de vista colectivo.

Torna-se importante que todos os sectores da empresa estejam consciencializados sobre em que consiste o modelo *TPM*, e sobre as finalidades e objectivos da sua implementação. Deve ser apresentado a todos os colaboradores, de forma pormenorizada, quais as vertentes e objectivos da nova metodologia, e o papel fundamental que cada um, de forma individual, irá desempenhar para a boa prossecução dessa nova metodologia.

3ª Etapa – Estrutura para a implantação da *TPM*: O objectivo desta etapa consiste em criar uma estrutura matricial que promova a *TPM*, que junte a estrutura horizontal constituída por comissões e equipas de projectos, com a estrutura formal,

hierárquica e vertical. Além disso, deve-se descentralizar as actividades de gestão, por pequenos grupos multifuncionais.

Ao desenvolver-se o programa da *TPM* a nível da empresa como um todo, deve-se constituir uma comissão que congregue elementos de todos os sectores da empresa, e que se preocupará essencialmente com a promoção e implantação do programa, de forma global. É ainda necessário que se crie uma comissão de promoção da *TPM* em cada divisão ou filial da empresa.

Dependendo das necessidades, podem-se ainda estabelecer grupos de trabalho ou equipas de projectos, visando melhorias individualizadas nas áreas de divulgação, formação, manutenção espontânea, manutenção programada, e controlo dos equipamentos na fase inicial de instalação. Devem-se criar, igualmente, dentro da estrutura formal da empresa, grupos de trabalho restritos, que terão como chefias os responsáveis de primeira linha da empresa.

O sucesso ou insucesso do programa de implementação da *TPM* dependerá significativamente de quem for nomeado para assegurar a presidência da comissão de implementação, bem como dos responsáveis dos grupos intermédios. Os executivos deverão comparecer assiduamente às reuniões da comissão, devendo ainda liderá-las de forma positiva e efectiva. Nessas reuniões deverá ser realizado o balanço das acções levadas a cabo, e planear as acções futuras a desenvolver.

4ª Etapa – Estabelecimento de directrizes básicas e metas para a *TPM*; A *TPM* deve ser parte integrante das directrizes básicas da administração da empresa, assim como do seu planeamento de actividades a médio e a longo prazo. Além disso, as suas metas devem fazer parte das metas anuais da empresa e a sua promoção deverá ser efectuada de acordo com essas metas e directrizes.

É importante definir claramente a postura que se pretende para cada nível hierárquico, decorridos 3 a 5 anos após a implementação do modelo *TPM*. Deve-se ainda estabelecer metas para a incorporação dos conceitos e das principais sugestões para a sua execução, obtendo o consenso de toda a empresa sobre essas questões.

5ª Etapa – Elaboração do plano director para a implantação da TPM: Quando se elaborar um plano de metas e objectivos, ou seja, um **Plano Director**, que deve englobar desde os preparativos para a introdução da *TPM* até à obtenção dos primeiros resultados da implementação, dever-se-á ter em atenção qual o propósito em se alcançar o nível esperado de avaliação, com uma base anual.

Inicialmente, deve-se elaborar um cronograma contendo as 12 etapas previstas no programa de desenvolvimento do modelo, especialmente o que consta na proposta dos pilares básicos da *TPM*, e indicar claramente o que deve ser realizado e quais os prazos da sua realização. Este cronograma, estabelecido a nível da empresa como um todo, é assim o denominado **Plano Director**. Tomando-o como referência, cada departamento, sector ou unidade fabril, deverá elaborar o seu próprio cronograma de referência.

Anualmente, deverá efectuar-se uma comparação entre as realizações previstas e as realizações levadas realmente a cabo, fazendo-se um relatório de avaliação dos progressos conseguidos, e introduzir simultaneamente as devidas correcções, de acordo com as novas necessidades.

Para o desenvolvimento de cada um dos pilares básicos, deve-se elaborar um manual que possibilite a qualquer interveniente no processo a compreensão do desenvolvimento do programa da *TPM*, para que, dessa forma, possam ser tiradas quaisquer tipos de dúvidas, e, simultaneamente, todos tenham as mesmas simbologias, de onde resultará uma maior compreensão por parte de todos.

A comissão de instalação do modelo deverá reunir-se com uma periodicidade mensal, para verificar os progressos alcançados, e avaliar a evolução do cumprimento do programa.

6ª Etapa – Início do programa da TPM: Após a fase preparatória, dá-se então início à implementação do programa. Nesta etapa, procura-se que cada colaborador da empresa compreenda as directivas da administração, conseguindo-se assim aumentar a motivação moral de todos para participar, desafiando as condições limites actuais, e atingir as metas visadas.

É imperativo organizar um evento, para se lançar o desafio da eliminação das seis grandes perdas, com força e disposição, e desta forma trabalharem todos juntos, em sentido único e com a mesma pré-disposição. Esse evento, deverá consistir num encontro de todos os colaboradores, e no qual se verificarão as seguintes apresentações:

- ✓ reafirmação da decisão da administração em implantar o modelo *TPM*;
- ✓ explicação detalhada dos procedimentos de promoção da *TPM*, assim como das directivas do programa, suas metas, plano director e outros aspectos afins;
- ✓ manifestações de incentivos por parte de visitantes e representantes de outras empresas onde a *TPM* se encontra já implantada com sucesso.

Para este encontro, deverão ser convidados clientes, representantes de empresas fornecedoras e de empresas coligadas.

No início do programa de implementação, a formação visando a introdução da *TPM* para todos os recursos humanos, deverá já encontrar-se concluída.

7ª Etapa – Aperfeiçoamento individualizado dos equipamentos: Seleccionando-se um equipamento produtivo piloto, e constituindo-se uma equipa de projecto, composta por técnicos ligados à engenharia de processos e de manutenção, por supervisores de linhas de produção, e por operários, torna-se possível efectuar as melhorias individualizadas destinadas a aumentar a disponibilidade operacional dos equipamentos e comprovar os efeitos positivos da *TPM*.

Deve-se escolher um equipamento piloto de um processo produtivo que apresente anomalias, para que, dessa forma, se obtenha de imediato as melhorias esperadas. Consegue-se, assim, ter uma noção mais rápida da eficiência na implementação desta nova metodologia de manutenção.

No imediato, a melhoria do equipamento poderá não ser total, e, por isso, torna-se fundamental escolher, de entre as grandes perdas num determinado processo produtivo (quebras, tempos de preparação e ajustes, perdas devidas às ferramentas, operação em

vazio, paragens momentâneas, redução da cadência, defeitos no processo, início de produção, quebras de rendimento), qual é aquela que melhor se enquadra na necessidade de redução de perdas.

Para as melhorias individuais, é necessário utilizar todos os métodos relevantes, tais como a engenharia industrial, o controlo da qualidade, a engenharia da fiabilidade e da manutibilidade. Para se eliminarem as perdas crónicas nos equipamentos, pode-se utilizar uma das metodologias da engenharia da fiabilidade e da manutibilidade mais eficazes, que é o método de análise, isto é, a política, de manutenção preventiva condicionada.

Cada sector ou secção da empresa, deve seleccionar um único equipamento piloto, na medida em que seria contraproducente actuar em simultâneo em todos eles. A implementação deverá ser estrutural e organizada, sendo recomendável que seja incluído, como membro efectivo da equipa de trabalho, um técnico que domine as políticas e os modelos de manutenção, tanto do ponto de vista teórico como do ponto de vista experimental.

8ª Etapa – Estruturação da manutenção por iniciativa própria: O objectivo desta etapa consiste em fazer com que a atitude segundo a qual, cada operador se encarrega de cuidar efectivamente dos seus próprios equipamentos de trabalho seja definida para todos os colaboradores da empresa. Ou seja, a capacidade de executar uma acção de manutenção espontânea deve ser adoptada por cada operador, acção essa que engloba várias fases, em número de sete.

- Na primeira fase (limpeza inicial), deve-se, juntamente com o pessoal da limpeza, identificar pontos onde se verifiquem defeitos, e efectuar a reparação dos mesmos. De uma forma global, deve-se ter a consciência de que executar uma limpeza num determinado equipamento representa exactamente o mesmo que lhe estar a fazer uma inspecção.

- Na segunda fase (medidas contra fontes geradoras de problemas e locais de difícil acesso), deve-se, inicialmente, providenciar acções contra fontes geradoras de problemas e proceder à melhoria dos acessos a locais normalmente de difícil acesso nos equipamentos. Com isso, será possível reduzir o tempo gasto para a realização de operações de limpeza e

de lubrificação. Ninguém melhor que o próprio operador, para conhecer a sua máquina e para facilitar as actividades de manutenção que poderiam ser morosas e demoradas.

- Na terceira fase (elaboração de normas para limpezas e lubrificações), as normas que serão seguidas devem ser elaboradas pelo próprio operador do equipamento.

- Na quarta fase (inspecção geral) faz-se formação nas técnicas específicas de inspecção, por exemplo o ajuste de parafusos e porcas. Executando-se a inspecção geral, detectam-se pequenas anomalias nos equipamentos, procedendo-se logo de seguida à sua reparação, de forma a repor imediatamente o estado de bom funcionamento.

- Na quinta fase (inspecção espontânea), efectua-se a inspecção espontânea com a finalidade de se manter as condições de desempenho originalmente concebidas para o equipamento.

- Na sexta fase (arrumação e limpeza), definem-se as actividades necessárias ao controlo dos postos de trabalho e sua manutenção, no que respeita concretamente à arrumação de todas as peças e ferramentas utilizadas, bem como à limpeza dos próprios equipamentos e do espaço circundante.

- Na sétima fase (efectivação do auto-controlo), as habilitações adquiridas nas etapas 1 a 6 serão aplicadas para dar continuidade à manutenção espontânea e às actividades de melhoria do funcionamento dos equipamentos.

As fases 1 a 4 referem-se à componente fundamental do asseio das pessoas e dos equipamentos. Ao realizá-las com paciência e perseverança, com toda a certeza que serão atingidos os resultados esperados. Deve-se evitar a pintura de instalações e de equipamentos, sem que previamente sejam eliminadas as sujidades, as ferrugens, os detritos, e os vazamentos de óleos e de massas.

9ª Etapa – Estruturação da manutenção programada: Nesta etapa as Funções Produção e Manutenção procuram complementar-se, através da adopção de políticas de manutenção autónoma ou voluntária, assumidas pela produção, enquanto o departamento de manutenção se encarrega da elaboração do plano geral das actividades de manutenção.

O departamento de manutenção desloca-se assim para uma nova modalidade de trabalho que consiste na incorporação de melhorias.

O plano de manutenção representa a prática tradicional recomendada para a preservação de máquinas, equipamentos e instrumentos, através da preparação dos calendários de trabalho e da definição de normas e padrões para a sua condução, não se tratando, por conseguinte, de algo inédito.

10ª Etapa – Formação para melhoria do nível de capacidade técnica: Nesta etapa, preconiza-se o desenvolvimento de novas capacidades e conhecimentos, tanto para os colaboradores afectos à produção como para os colaboradores associados à manutenção. Não se trata do mesmo programa estabelecido na segunda etapa, na fase inicial, que se baseia na consciencialização, mas sim, um programa que procura a obtenção de conhecimentos suplementares e de capacidades acrescidas, através de aulas teóricas e práticas, ministradas nos centros de formação das próprias empresas, e constituindo-se como parte integrante do programa de formação profissional, visando o bom desempenho nas actividades laborais.

Por conseguinte, a empresa deverá encarar este programa de formação e educação profissional, como sendo um investimento lucrativo, no qual não se economiza directamente, mas que terá um retorno garantido a muito curto prazo.

11ª Etapa – Estruturação do controlo da fase inicial dos equipamentos: É uma etapa reservada aos serviços de engenharia da empresa, quer no que se refere aos processos, quer no que se refere à construção e melhoria de equipamentos, com a finalidade de se aumentar o rendimento operacional global.

É exactamente nesta etapa que se devem efectuar não só os levantamentos das imperfeições e avarias nos equipamentos, mas também as incorporações de melhorias nesses equipamentos. Os conhecimentos adquiridos permitem o desenvolvimento de projectos onde estejam presentes os conceitos e as políticas de manutenção preventiva, sistemática e condicionada, destinados à obtenção da meta zero avarias.

A aquisição de novos equipamentos deve ter em atenção todos aqueles conceitos de manutenção preventiva, além de outros factores, de ordem económica e financeira, para que as escolhas assumidas sejam as mais racionais de acordo com estas vertentes de decisão.

12ª Etapa – Execução total da TPM: Esta última etapa é a da consolidação do modelo *TPM*, e onde se dá o incremento do nível geral do seu desempenho. Com a conquista desta etapa, as empresas estarão em condições de evoluírem no mercado, estando perfeitamente ao nível das competitividades que se verificam hoje em dia. [1]

Consequências da Implementação do Modelo *TPM*

Para que o modelo *TPM*, ao ser implementado numa empresa, possa produzir todos os resultados que se propõe alcançar, atingindo o seu objectivo primordial da eliminação total das perdas de produção que se verificam em estruturas organizacionais tradicionalistas, torna-se necessário que a implantação da Manutenção Produtiva Total seja suportada pelas seguintes directivas estratégicas:

- ✓ criar uma organização corporativa que maximize a eficiência dos processos produtivos;
- ✓ efectuar a gestão através de uma organização que evite todo o tipo de perdas, ou seja, assegurando “zero acidentes”, “zero quebras” e “zero avarias”;
- ✓ envolver todos os departamentos na implantação da *TPM*, incluindo a produção, as vendas, e a administração;
- ✓ envolver todos os meios humanos, desde a administração até aos operadores dos equipamentos, em torno do mesmo projecto, e orientar decididamente todas as acções na procura dos “zeros”, apoiando-se nas actividades de pequenos grupos de trabalho.

Existem três razões principais pelas quais o modelo *TPM* se difundiu tão rapidamente quer no Japão quer no restante mundo industrializado, e que são as seguintes: garante resultados drásticos, no bom sentido; transforma visivelmente os postos de trabalho; eleva o nível de conhecimentos e de capacidade dos meios humanos afectos às actividades de produção e de manutenção.

Atendendo a que o princípio básico da *TPM* consiste na eliminação total das perdas de produção, espera-se, com a sua introdução, que tal venha a suceder, como fruto de uma gestão racional e equilibrada.

A nível industrial, existem melhorias significativas após a sua implantação, devidas basicamente aos seguintes factores: redução de avarias nos equipamentos, com o conseqüente aumento da disponibilidade operacional; minimização dos tempos de

inactividade dos equipamentos; redução do número de paragens aleatórias; redução do número de produtos fabricados com defeitos; elevação da produtividade; redução de custos; redução de stocks de peças para manutenção (consumíveis, sobresselentes, reserva) e de produtos fabricados.

O modelo *TPM* permite igualmente melhorar o ambiente de trabalho, transformando as instalações normalmente sujas, com poeiras, óleos derramados, objectos não arrumados, lixos e detritos, num ambiente agradável e seguro, de onde resulta o aumento do bem-estar dos meios humanos, para além de eliminar tempos desperdiçados desnecessariamente na procura de ferramentas e objectos de trabalho, não arrumados convenientemente.

A elevação do nível de conhecimentos, assim como a elevação das capacidades técnicas, dos meios humanos afectos à produção e à manutenção, iniciam-se à medida que as actividades da *TPM* vão sendo realizadas, e, ao surgirem os primeiros resultados positivos, a motivação desses meios humanos aumenta, contribuindo para uma melhor integração no trabalho e para o aumento de sugestões de melhorias do processo produtivo por parte dessas pessoas. A maior transformação ocorre sobretudo nos operadores, na medida em que a *TPM* ajuda esses operadores a entender melhor os equipamentos com que trabalham no seu dia-a-dia, e a contribuir directamente para as actividades de manutenção directa. Ou seja, dá-lhes a oportunidade de fazerem novas descobertas, de adquirir novos conhecimentos, e de desfrutar de novas experiências, reforça a sua motivação, gera o seu interesse e preocupação pelos equipamentos, e alimenta o seu desejo de manter os equipamentos em óptimas condições de funcionamento.

A implementação do modelo representa uma das grandes evoluções da abordagem produtiva focada nas actividades de manutenção, e constitui um factor decisivo para as empresas que enfrentam indisponibilidades elevadas em produtos fabricados, devido em grande parte a quebras no funcionamento dos seus equipamentos, motivadas pela existência de posturas de manutenção completamente inadequadas.

Em resumo, com a implementação do modelo *TPM* espera-se o seguinte:

- Gestão de stocks com custos minimizados;
- Melhorias nas qualidades técnicas dos meios humanos, desenvolvidas através de planos de formação e educação, com vista a aumentar o grau de motivação e a consciência profissional;
- Incentivo da análise de riscos e de avarias, à medida que os meios humanos afectos às actividades de produção e de manutenção forem evoluindo técnica e profissionalmente.

Quando se está a projectar a implementação da *TPM*, deve-se começar pela formação de todos os intervenientes. Essa fase é extremamente importante, para que todos tomem consciência das mudanças que irão acontecer com a adopção de uma metodologia revolucionária. No início, geram-se problemas, receios e más vontades, uma vez que, provavelmente, ninguém estará preparado para mudanças tão radicais. É fundamental que se interiorize em todos os trabalhadores a sua importância, pois, só assim, será possível obter-se todo o seu apoio, e, por outro lado, responsabilizá-los pelos seus actos. É esta a grande vantagem da filosofia *TPM*, uma vez que os restantes benefícios advirão da consciencialização e da participação de todos na procura de um objectivo único e comum.

[1]

Considerações Sobre a Implementação do Modelo

No actual ambiente de competitividade imposto pelo processo em curso da globalização da economia, o modelo *TPM* apresenta-se como sendo uma ferramenta indispensável para a sobrevivência das empresas e organizações.

Esta metodologia, proposta pelo *JIPM*, apresentou bons resultados, comprovados no país de origem, o Japão e nos Estados Unidos. Contudo, a metodologia original deverá ser aplicada consoante o tipo de empresa a que se destina, pois só assim poderá ser bem sucedida em todos os casos.

Importa salientar que, se não houver apoio e empenho da administração para a sua implementação, não interessa insistir nas suas vantagens, pois estaria irremediavelmente condenada ao fracasso. A compreensão da utilidade desta ferramenta de gestão por parte da administração e das chefias operacionais é um factor fundamental para o sucesso da sua implementação.

O investimento em formação contínua é fundamental, na medida em que se exige um elevado grau de competência técnica e de consciência profissional, da parte de todos os colaboradores envolvidos no processo.

A elaboração de um plano bem estruturado, a utilização de indicadores, e a quantificação dos resultados, representam variáveis importantes para o sucesso do modelo. O registo e o controlo de dados, em tempo real, permitem a avaliação da evolução das diversas etapas do modelo, bem como eventuais correcções que se verifique necessário realizar.

O tempo de implementação da *TPM*, de acordo com diversos especialistas, não será inferior a três anos, e as perspectivas de sucesso dependerão fortemente do empenho de todos quantos se encontrem directamente envolvidos no processo.

Em termos de estimativa, deve-se contar com 3 a 6 meses para a fase preparatória, e de 2 a 3 anos para o início do nível de consolidação, considerando-se que a sua implementação se esteja a processar de acordo com as doze etapas anteriormente descritas.

A metodologia *TPM* revela uma elevada importância para a qualidade e para a produtividade das empresas. Devido à sua estrutura, a metodologia *TPM* permite

refinamentos que a tornam mais específica, caso a caso, possibilitando assim a sua utilização nos mais diversos ramos de actividade. Apesar do seu desenvolvimento se ter verificado num determinado ambiente industrial, ela é adaptável a qualquer tipo de sector e actividade, desde que seja convenientemente adaptada e implementada.

O êxito do modelo dependerá da capacidade de se conhecer de forma adequada e contínua, o funcionamento e o estado de desempenho de todos os equipamentos afectos aos processos produtivos.

Além da Toyota, são já muitos os construtores automóveis que adoptaram o modelo *TPM* nos seus sectores produtivos. De destacar igualmente, como empresas que adoptaram este modelo, as conhecidas Kodak, Harley Davidson e Ford. [1]

Conclusões Finais

Conclusão

Numa sociedade cada vez mais competitiva, torna-se decisivo produzir mais e melhores produtos com os equipamentos disponíveis, tal como, aumentar o rendimento dos equipamentos e das instalações. Com o estudo efectuado conclui-se que a metodologia de “*Manutenção Produtiva Total*” é uma importante ferramenta de diagnóstico e melhoria de desempenho dos equipamentos, assim, revela-se uma importante ferramenta ao nível de controlo e redução de custos.

As vantagens na implementação do *TPM* vão para além das que são visíveis de imediato. O mais importante da implementação do modelo, tem sido a oportunidade da empresa se autoavaliar, através de registos mais detalhados e rigorosos da produção. Assim pretende-se ainda:

- Melhorar a capacidade de manutenção preventiva dos operadores, através da aquisição de competências mas também de responsabilidades na manutenção dos equipamentos;
- Normalizar as medidas de manutenção preventiva de forma a serem tarefas rotineiras para o operador;
- Melhorar o planeamento de produção através da análise da relação peça (molde) – máquina. A análise do desempenho de um molde em determinada máquina pode auxiliar o responsável de produção a fazer uma melhor distribuição do plano de produção pelo parque de máquinas.

A implementação do *TPM* pode demonstrar-se um processo complexo, mas também demonstra a simplicidade de pequenas acções com significantes benefícios para a empresa e colaboradores, tais como melhoria dos registos e identificação de anomalias nos equipamentos. Tem ainda a vantagem de cultivar nos colaboradores uma sensação de propriedade do equipamento que utilizam, fazendo com que tenham mais atenção à sua manutenção e manuseamento, bem como o conhecimento do real desempenho dos equipamentos e identificação das principais perdas de produtividade.

Projectos Futuros

Os resultados obtidos são promissores e abrem horizontes à realização de outros projectos idênticos.

O estudo dos modelos de gestão industrial, nomeadamente o *TPM*, reforçou os conhecimentos teóricos obtidos durante a formação académica e que serviram de motivação para a escolha do tema da presente dissertação.

Do ponto de vista das metodologias de planeamento da produção e da manutenção, existe uma vasta área de investigação por explorar. A realização de trabalhos idênticos, conjugado com o desenvolvimento das heurísticas abordadas, pode abrir caminho a novas discussões sobre esta matéria.

Bibliografia

- [1] Carlos Cabrita, TPM – Manutenção Produtiva Total. Teoria, Métodos, Indicadores de Desempenho. Edição de Autor, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2004
- [2] Vítor M Pinto. “Gestão da Manutenção”. Coleção “O Gestor – Área de Produção” Editora IAPMEI. 1994.
- [3] J. M. Torres Farinha. “Manutenção das Instalações e Equipamentos Hospitalares”, Edições Minerva, Coimbra. 1997.
- [4] François Monchy. “A Função Manutenção” - Formação para a Gerência da Manutenção Industrial. São Paulo: Editora Durban Lda., 1989.
- [5] Amândio Monteiro. “Fiabilidade de Equipamento na Industria Automóvel. Disponibilidade e Manutibilidade – Gestão Técnica de uma Linha de Produção. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Manutenção Industrial. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2000.
- [6] Filipe Correia Filipe, Gestão e Organização da Manutenção, de Equipamento de Conservação e Manutenção de Infra-estruturas Ferroviárias. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Manutenção Industrial. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2006.
- [7] Carlos Cabrita, Manutibilidade e Taxa de Reparações. Edição de Autor, Universidade da Beira Interior. Covilhã. 2006.
- [8] Carlos Cabrita, Fiabilidade e Taxa de Falhas. Edição de Autor, Universidade da Beira Interior. Covilhã. 2006.
- [9] Richard B. Chase, F. Roberts Jacobs, Nicholas J. Aquilano. Administração da Produção e Operações. McGrawHill, 11ª Edição, 2006.
- [10] <http://paginas.fe.up.pt/~ee01166/lean>, obtido em 30 de Março de 2010.
- [11] <http://artigonal.com/administracao-artigos>, obtido em 19 de Abril de 2010.
- [12] http://pt.wikipedia.org/wiki/Lean_Manufacturing, obtido em 13 de Abril de 2010.
- [13] http://www.numa.org.br/aprendizado/conteudo/producao_enxuta, obtido em 22 de Abril de 2010.
- [14] Teresa Tavares. Lean Manufacturing numa Produção de Pequenas Séries, Dissertação para obtenção de Grau de Mestre, UBI, 2009.

- [15] <http://engenhariadeproducaoindustrial.blogspot.com/2009/06/projetos-six-sigma.html>, obtido em 24 de Abril de 2010.
- [16] http://www.pmelink.pt/article/pmelink_public/EC/0,1655,1005_34308-3_41097--View_429,00.html, obtido em 24 de Abril de 2010.
- [17] Ghinato, P. *Produção & Competitividade: Aplicação e Inovação*, Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Edit. Da UFPE, Recife, 2000.
- [18] Guinato, P. *Autonomia e Multifuncionalidade no Trabalho: Elementos Fundamentais na Busca de Competitividade*, In.: Série Monográfica Ergonomia: Ergonomia de Processo, Cap. 4.1, vol. 2, 2ª Edição Lia B. de Guimarães, PPGEP/UFRGS, Porto Alegre, 1999.
- [19] <http://www.siplas.com.au/lean.htm>, obtido em 22 de Abril de 2010.
- [20] <http://www.scribd.com/doc/4082564/tpm>, obtido em 8 de Maio de 2010.
- [21] Lucélia da Cruz. *Manutenção Produtiva Total: Implementação numa Fundação de Alumínio*. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre, UA, 2009.
- [22] <http://www.jipm.or.jp/en/index.html>, obtido em 8 de Maio de 2010.
- [23] Roberts, J. *Total Productive Maintenance*. 1997. Disponível em <http://et.nmsu.edu/~etti/fall97/manufacturing/tpm2.html>, obtido em 10 de Maio de 2010.
- [24] Palmeira J N; Tenorio F G. *“Flexibilidade Organizacional: Aplicação em um Modelo de Produtividade Total*. Rio de Janeiro. FGV Eletronorte, 2002.
- [25] Paulo Moraes. *Manutenção Produtiva Total: Estudo de Caso em uma Empresa Automobilística*. Dissertação para obtenção do título de mestre em Gestão e Desenvolvimento Regional. Universidade de Taubaté. 2004. Disponível em http://www.ppga.com.br/mestrado/2003/moraes-paulo_henrique_de_almeida.pdf, obtido em 12 de Janeiro de 2010.
- [26] José Pinto. *Modelo de Implementação do Pensamento JIT – Uma abordagem prática aos conceitos*. Publindústria Edições Técnicas. 2009.
- [27] Tokutaro Susuki, *“New Directions for TPM”*, Productivity Press, Portland, USA, 1992.
- [28] Bin Ahmad MF, Yusof, SM, *Comparative study of TQM practices between Japanese and non-Japanese electrical and electronics companies in Malaysia: Survey results*, B-on, 2010.

[29] <http://managementhelp.org/quality/tqm/tqm.htm>, obtido em 13 de Maio de 2010.

[30] <http://www.premierpartner.pt/index-7.html>, obtido em 1 de Maio de 2010.

[31] Carlos Cabrita, Disponibilidade dos Equipamentos. Edição de Autor, Universidade da Beira Interior. Covilhã. 2006.

[32] <http://www.scribd.com/doc/6140906/Seis-Sigma>, obtido em 13 de Maio de 2010