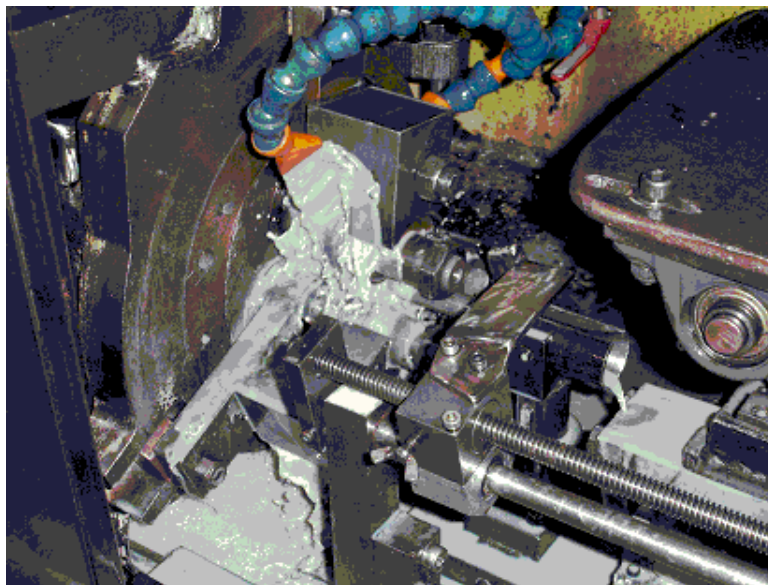




UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

**UNIDADE CIENTÍFICA E PEDAGÓGICA
DE CIÊNCIAS DE ENGENHARIA**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROMECHANICA



**EVOLUÇÃO DA FUNÇÃO MANUTENÇÃO NUMA EMPRESA
INDUSTRIAL DO SECTOR DA METALOMECHANICA**

Vítor Manuel Amorim Maia

**LICENCIADO EM ENGENHARIA ELECTROMECHANICA PELA
UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR**

MESTRADO EM ENGENHARIA ELECTROMECHANICA – 2º CICLO

JULHO DE 2008

Dissertação realizada sob a orientação de
Carlos Manuel Pereira Cabrita
Professor Catedrático do Quadro
Departamento de Engenharia Electromecânica
Universidade da Beira Interior

ÍNDICE

PARTE I – GENERALIDADES E CONCEITOS

1.	Introdução	7
2.	Perpectiva Histórica da Manutenção	8
3.	Os Vários Tipos de Manutenção	9
3.1.	- Manutenção de Melhoria.....	9
3.2.	- Manutenção Correctiva.....	9
3.3.	- Manutenção Preventiva	10
3.3.1.	- Manutenção Preventiva Sistemática	10
3.3.2.	- Manutenção Preventiva Condicionada	10
3.3.2.1.	- Análise de Vibrações	11
3.3.2.2.	- Termografia	11
3.3.2.3.	- Análise de Parâmetros de Rendimento	11
3.3.2.4.	- Inspeção Visual	11
3.3.2.5.	- Medições Ultra-sónicas	11
3.3.2.6.	- Análise aos Lubrificantes	12
4.	Manutenção Centrada na Fiabilidade – RCM	12
4.1.	- As 5 etapas da Implementação da RCM	13
5.	Manutenção Produtiva Total – TPM	15
5.1.	- Caracterização do TPM	17
5.2.	- Objectivos do Modelo TPM	17
5.3.	- Perdas que o TPM Permite Eliminar	18
5.4.	- Os 8 Pilares do TPM	19
5.5.	- As 12 Etapas da Implementação do Modelo TPM	24
5.6.	- Resultados da Implementação do Modelo TPM	29
5.7.	- Considerações Finais	31
6.	Metodologias para Aumentar a Disponibilidade dos Equipamentos	32
6.1.	- Filosofia Operacional da Organização	32
6.2.	- Técnicas de Resolução de Problemas	32
6.2.1.	- Técnicas Básicas	32
6.2.1.1.	- Gráfico de Fluxos	33
6.2.1.2.	- Folha de Verificação	33
6.2.1.3.	- Diagrama de Pareto	33
6.2.1.4.	- Diagrama Causa e Efeito	35
6.2.1.5.	- Gráfico de Tendências	36
6.2.1.6.	- Histograma	36
6.2.1.7.	- Diagrama de Dispersão	36
6.2.1.8.	- Cartas de Controlo	37
6.2.2.	- Técnicas Estatisticamente Intermédias	37
6.2.3.	- Técnicas Estatisticamente Avançadas	37
6.2.4.	- Técnicas de Planeamento da Qualidade	37
6.2.4.1.	- QFD - "Quality Function Deployment".....	38
6.2.4.2.	- FMECA - "Failure Mode Effect and Criticality Analysis"	38
6.2.4.2.1.	- Noção de Modo de Falha	39
6.2.4.2.2.	- Noção de Cotação de um Modo de Falha	39
6.2.4.2.3.	- Folha Síntese FMECA	40
6.3.	- Ciclo PDCA	40
6.4.	- Os 5 "S"	42
6.5.	- Método SMED - Melhoria dos Tempos de Mudança de Série	42
6.5.1.	- Os Impactos do SMED	47
7.	Os Custos da Manutenção	48
8.	Gestão de Stocks	49
9.	Indicadores de Desempenho	49

PARTE II – CASO PRÁTICO

10.	Caracterização e História da Empresa	52
11.	Descrição do Processo Produtivo	57
11.1.	- Tubos Alhetados	57
11.1.1.	- Máquina de Corte e Endireitar	58
11.1.2.	- Máquina de Alhetar	60
11.1.3.	- Tanques de Lavagem	61
11.1.4.	- Máquina de Secar e Calibrar	61
11.1.5.	- Máquina de Secar e Endireitar	62
11.1.6.	- Máquina de Acabamento	62
11.1.7.	- Embalamento	63
11.2.	- Tubos DX	63
11.2.1.	- Máquina DX	63
11.2.2.	- Máquina de Corte e Endireitar	64
11.2.3.	- Embalamento	64
11.3.	- Brasagem	65
11.3.1.	- Montagem nos Moldes	65
11.3.2.	- Teste de Hélio	65
11.3.3.	- Calibração e Embalamento	65
12.	Equipamentos Auxiliares à Produção	66
13.	Estrutura Organizativa do Departamento	68
13.1.	- Distribuição de Responsabilidades	72
13.1.1.	- Operadores dos Equipamentos	72
13.1.2.	- Afinadores	72
13.1.3.	- Técnicos de Manutenção	73
14.	Organização dos Trabalhos da Manutenção	74
14.1.	- Manutenção de Melhoria	74
14.2.	- Manutenção Preventiva	74
14.2.1.	- Análise de Óleos	75
14.2.2.	- Análise Termográfica	75
14.2.3.	- Rotinas de Inspeção	76
14.2.4.	- Rotinas de Lubrificação	79
14.3.	- Manutenção Correctiva	79
15.	Programação dos Trabalhos da Manutenção	80
16.	Registos de Manutenção	80
17.	Histórico de Manutenção	80
18.	Gestão de Stocks	82
19.	Indicadores de Desempenho	84
20.	Formação	87

PARTE III – CONCLUSÕES

21.	Propostas de Melhoria	92
	a) - Implementação de um <i>Software</i> de Apoio à Manutenção	92
	b) - Re-elaboração de Todos os Manuais dos Equipamentos	93
	c) - Método de Gestão de <i>Stocks</i>	94
	d) - Organização de Centros de Custo	94
	e) - Elaboração de um Manual de Procedimentos	94
	f) - Novos Indicadores de Controlo da Manutenção	94
	g) - Existência de Indicadores Comuns a Ambos os Departamentos	94
	h) - Formação em Planeamento de Experiências - <i>D.O.E. "Design of Experiments"</i>	95
	i) - Passagem de Responsabilidades da Afinação para a Divisão de Manutenção	95
	j) - Implementação do <i>Lean Six-Sigma</i>	96
22.	Conclusão	97
	Bibliografia	100

RESUMO

Com a elaboração desta dissertação pretendeu-se partilhar uma experiência de trabalho dos últimos sete anos e em simultâneo aprofundar conhecimentos na área da manutenção industrial para fazer uma análise crítica ao trabalho efectuado de forma a encontrar pontos de melhoria para futura realização.

Este trabalho encontra-se dividido em três partes:

- 1ª Descrição da evolução da manutenção, os tipos de manutenção existentes, os meios utilizados para a sua concretização e as ferramentas mais utilizadas para a resolução dos problemas. Aborda também uma metodologia e um conjunto de técnicas que poderão ser utilizadas para aumentar a disponibilidade dos equipamentos e melhorar a sua eficiência produtiva.
- 2ª Caracterização da empresa, descrição do seu processo produtivo e análise da estrutura e organização da divisão de manutenção.
- 3ª Acções de melhoria que deverão ser implementadas.

Palavras-chave: Manutenção, Manutenção Preventiva, Manutenção Produtiva Total, Disponibilidade Operacional.

ABSTRACT

With the preparation of this dissertation I intend to share a my last 7 years work experience and at the same time to deepen knowledge in the industrial maintenance area in order to make a critical analysis to the work done and with the purpose of finding new areas to be improved in the future.

This dissertation is divided in three parts:

- 1ª Description of the maintenance progress, all different maintenance models, the necessary means and the tools most commonly used in solving the problems. It also approaches a methodology and a set of techniques that can be used to increase the equipments availability as well as its productivity.
- 2ª Company characterization, description of the productive process and analysing the maintenance division structure and organization.
- 3ª Improvement action that should be implemented.

Keywords: Maintenance, Preventive Maintenance, Total Productive Maintenance, Operacional Availability.

AGRADECIMENTOS

- Ao meu orientador de mestrado, Professor Carlos Cabrita, pela orientação, paciência, amizade e empenho, factores fundamentais para a concretização deste trabalho.
- À empresa na qual exerço funções, e que sempre me apoiou com a disponibilidade necessária para a realização deste trabalho.
- À minha família e, especialmente, aos meus pais, os quais são os responsáveis por eu ter chegado onde estou hoje, e a quem eu devo praticamente tudo.
- À minha esposa que sempre procurou compreender-me nos momentos de ausência e ansiedade, e que sempre me incentivou a continuar.

PARTE I

GENERALIDADES E CONCEITOS

1. INTRODUÇÃO

O objectivo da manutenção consiste na disponibilização dos meios produtivos e auxiliares, na quantidade necessária e em condições operacionais adequadas, para executar no âmbito do processo em que se inserem, as missões que lhes estão atribuídas.

O departamento de manutenção tem uma importância vital no funcionamento de uma indústria. De nada adianta à direcção de produção procurar ganhos de produtividade se os equipamentos não dispõem da manutenção adequada. À manutenção cabe zelar pela conservação dos equipamentos, devendo antecipar-se aos problemas através de um contínuo serviço de observação e diagnóstico. O planeamento criterioso da manutenção e a execução rigorosa do seu plano permitem uma laboração contínua dos equipamentos, reduzindo ao mínimo as paragens imprevistas das linhas de produção. Uma boa manutenção reduz as perdas de produção porque assegura o bom funcionamento dos equipamentos sem paragens, atrasos, perdas e desta forma contribui para que se cumpra com os prazos estabelecidos.

A concorrência internacional face às exigências cada vez mais acentuadas pela diversificação dos produtos, obriga as empresas a tornarem os sistemas de produção mais flexíveis. Os equipamentos não podem parar a não ser nos tempos previstos de acordo com o plano de manutenção, podendo-se concluir assim que a manutenção tem que ser eficiente.

Um passo bastante importante que impulsionou a evolução na organização da manutenção foi dado com o aparecimento da Norma ISO 9000. Através desta, a actividade de manutenção passou a ser considerada como um requisito de controlo do processo, tendo sido literalmente citada, conforme se indica a seguir :

"Identificar as características do processo que são críticas para o funcionamento apropriado e seguro do produto."

"Manutenção adequada de equipamentos para assegurar a continuidade da capacidade do processo..."

"Quando a obtenção de níveis desejados de controle do processo depende da operação, consistente e estável, do equipamento do processo e de materiais essenciais, o fornecedor deve incluir, na abrangência do sistema de qualidade, a adequada manutenção desses equipamentos de processo e materiais essenciais."

O Sistema de Qualidade não é mais que um conjunto de requisitos básicos que procuram promover a melhoria contínua, evidenciando a prevenção do defeito e a redução de variações e desperdícios em toda a cadeia de valor.

Para um bom Controlo do Processo de toda a Cadeia de Valor, existe a necessidade da existência de um sistema de manutenção preventiva que inclua:

- um programa de manutenção com responsabilidades específicas e atribuídas;
- manutenção avaliada pela melhoria da capacidade de processo;
- uma avaliação da redução do tempo de paragens dos equipamentos por processo;
- uma manutenção executada na frequência pré-estabelecida para cada equipamento;

- uma disponibilidade de peças de reserva para os equipamentos mais críticos;
- um método de manutenção preditiva.

Sendo as avarias, a degradação e o envelhecimento características da vida de qualquer sistema produtivo, a Manutenção, como forma de garantir a disponibilidade pretendida, desenvolveu actividades com o objectivo de minorar esses problemas.

2. PERSPECTIVA HISTÓRICA DA MANUTENÇÃO

No século passado assistimos a uma enorme evolução na sofisticação dos equipamentos utilizados nos processos produtivos, provocada principalmente pelas solicitações de aumento de produtividade como factor de competitividade. Isto levou a que os equipamentos evoluíssem de sistemas puramente mecânicos para sistemas electromecânicos, de precisão, com sofisticados controlos feitos por *software*.

Antes dos anos 30 as máquinas eram robustas, sobre-dimensionadas e de grande duração. Os principais modos de falha eram metalúrgicos e causados por desgaste. O plano de manutenção era simples, sendo a máquina reconstruída depois da avaria pelos próprios construtores. Nos anos 50 a competitividade começou-se a impôr-se como factor importante. A filosofia de manutenção predominante consistia na crença de que a “avaría da máquina” era uma parte inevitável e aceitável da vida produtiva. Isto levou à concepção de processos com uma larga capacidade produtiva em espera e uma grande quantidade de sobresselentes em armazém, com uma estratégia de intervenções planeadas. Foi também a época de evolução do relacionamento entre a gestão industrial e a força de trabalho em que esta tinha as funções definidas de uma forma muito estrita, dentro da manutenção.

Até ao princípio dos anos 70, a maioria das unidades industriais efectuavam a manutenção de uma forma reactiva, após as paragens por avaria – “**Manutenção Curativa**”. A manutenção reactiva é cara devido às extensas paragens não programadas e aos danos nas máquinas. Nessa época muitas empresas implementaram estratégias de manutenção preventiva periódica para encorajar inspecções periódicas planeadas e beneficiações preferencialmente à manutenção reactiva. Esta aproximação, ainda hoje dominante, utiliza tipicamente programas de planeamento da manutenção para controlar actividades de manutenção baseadas em calendário para automaticamente despoletar ordens de trabalho. Há medida que crescia a aceitação desta abordagem, os fabricantes de máquinas começaram a recomendar planos de manutenção muito conservadores numa tentativa de reduzir o seu risco em garantia, aumento assim os custos globais de manutenção com operações de “**Parar-Abrir-Inspeccionar**” desnecessárias. À medida que, desta forma, os custos de manutenção explodiam, foi desenvolvido no fim dos anos 70 um procedimento de optimização de manutenção designado por **Manutenção Centrada na Fiabilidade (MCF)** para auxiliar a reduzir o sempre crescente volume de ordens de trabalho resultante do planeamento. Os primeiros procedimentos de *MCF* foram muito influenciados pelos factores de segurança devido a ter tido origem na indústria aeronáutica. Por volta da mesma altura uma filosofia de manutenção designada por **Manutenção Produtiva Total (TPM)** estava a ganhar força entre os fabricantes Japoneses. O *TPM* preconiza uma

parceria entre a produção e a manutenção de modo a que as operações básicas de manutenção (limpezas e inspecções) sejam efectuadas pelos operadores das máquinas.

Durante os anos 80 os avanços tecnológicos na instrumentação e o surgimento do computador pessoal forneceram a capacidade de prever os problemas nas máquinas medindo a sua condição utilizando sensores de vibrações, temperatura e ultra sons. Esta tecnologia é frequentemente referida como **Manutenção Predictiva**. Outra estratégia de manutenção mais avançada designada por **Manutenção Proactiva** permite prolongar os ciclos de avaria das máquinas através da remoção sistemática das fontes de falha. No princípio dos anos 90 foi introduzida a abordagem da Manutenção Baseada em Fiabilidade que combina de uma forma eficaz as forças de todas estas estratégias e filosofias num único sistema de manutenção. À medida que se revê a história da manutenção é interessante notar que antes do principio dos anos 70 , a função manutenção tinha evoluído muito pouco deste o início da era industrial. Não existiam estratégias de melhoria, nenhuma tentativa de re-engenharia, e pouco investimento ou atenção. O objectivo apercebido era primeiro, reparar as coisas que se avariavam, e segundo, manter a pintura e arranjar os jardins para os visitantes. Até recentemente, a manutenção sempre foi apreendida como um mal necessário, para além de qualquer possibilidade de optimização e melhoria.

Hoje em dia, as máquinas constituem dispositivos electromecânicos controlados por semi-condutores, concebidos para funcionar em ciclos de carga muito severos. O gestor da manutenção em qualquer ambiente produtivo deverá questionar-se acerca de como está ele e a sua equipa em termos de equipamento, formação e organização para serem eficazes e competitivos. A manutenção moderna tem de estar ao nível das solicitações de uma ambiente produtivo muito mais sofisticado. De modo a ter sucesso, a filosofia básica da manutenção tem de continuar a evoluir ao nível das solicitações, em mudança, da produção e da competitividade. Uma empresa, para permanecer competitiva, requer a máxima disponibilidade dos equipamentos a funcionar à capacidade para a qual foram projectadas.

3. OS VÁRIOS TIPOS DE MANUTENÇÃO

Existem os seguintes grandes tipos de manutenção, conforme se discrimina na figura 3.1:

3.1. MANUTENÇÃO DE MELHORIA

Inclui as modificações ou alterações destinadas a melhorar o desempenho do equipamento, ajusta-lo às novas condições de funcionamento, melhorar ou reabilitar as suas características operacionais.

3.2. MANUTENÇÃO CORRECTIVA

Também designada por manutenção curativa, destina-se a reparar avarias e maus funcionamentos ocorridos durante o seu serviço. Podemos citar algumas vantagens e desvantagens deste tipo de manutenção:

- **Vantagens:**

- não exige acompanhamento e inspecções nos equipamentos.

- **Desvantagens:**

- as máquinas param durante os horários de produção;

- as empresas precisam de máquinas de reserva ou de trabalhar com stocks de reserva.

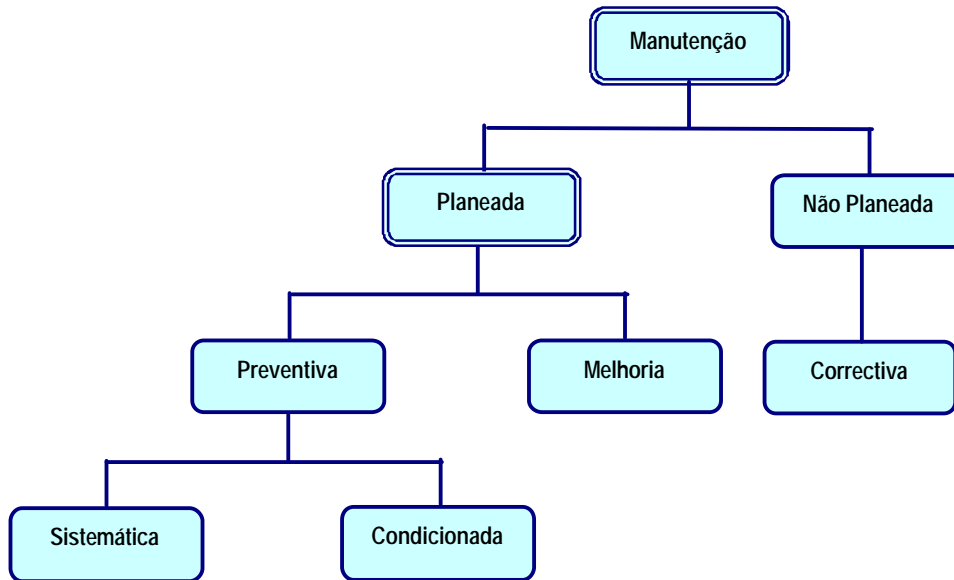


Figura 3.1. – Os vários tipos de manutenção.

3.3. MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Orientada no sentido de evitar a ocorrência de avarias e garantir o funcionamento seguro e eficiente do equipamento. Este tipo de manutenção permite assegurar a continuidade do funcionamento dos equipamentos, apenas existindo paragens para manutenções programadas e desta forma a empresa terá uma maior consistência em cumprir os planos de produção. Dentro da manutenção preventiva existem os seguintes sub-tipos:

3.3.1. Manutenção Preventiva Sistemática

Os trabalhos fazem-se a intervalos de tempo pré-determinados.

3.3.2. Manutenção Preventiva Condicionada

É uma nova abordagem da manutenção preventiva, baseada no conhecimento do estado real do equipamento a partir da implementação de um sistema de controlo da condição. Isto permite que, em lugar de se realizarem os trabalhos de manutenção preventiva a intervalos de tempo fixos, passa-se a realizar inspecções em intervalos fixos e, se necessário, procede-se à respectiva reparação. Com este tipo de manutenção é possível obter ganhos por redução de perdas de produção e por redução de custos de manutenção.

Existem várias técnicas de controlo de condição dos equipamentos, tais como:

3.3.2.1. Análise de Vibrações

Utiliza equipamentos com sensores, portáteis ou fixos, capazes de medir a vibração o que possibilita o estabelecer de análises de tendências, calcular e reportar a condição mecânica dos equipamentos. As características vibratórias medidas em vários pontos do equipamento são comparadas com os valores correspondentes ao equipamento no seu estado novo e os desvios, a partir de certo nível, sugerem a presença de anomalias. A utilização desta técnica exige conhecimentos práticos sobre a teoria das vibrações e requer, conseqüentemente, uma formação especializada.

3.3.2.2. Termografia

É uma técnica que usa instrumentação que permite visualizar e medir a energia infra vermelha (calor) emitida pelos equipamentos: a detecção de anomalias térmicas – áreas mais quentes ou mais frias do que deveriam – permite localizar e identificar problemas ou alterações na instalação. O equipamento de termografia permite transformar, em tempo real, uma imagem infra vermelha numa imagem visível. A utilização desta técnica proporciona as seguintes vantagens:

- Ausência de contacto físico com o equipamento inspeccionado
- Não interfere com a operação normal do equipamento inspeccionado
- Análise de grandes áreas em tempo reduzido
- Grande sensibilidade a pequenas alterações térmicas
- Sistema portátil e autónomo
- Possibilidade de registo visual da distribuição de temperaturas

3.3.2.3. Análise dos Parâmetros de Rendimento

Esta técnica baseia-se na recolha dos parâmetros necessários para o cálculo do rendimento do equipamento com vista à verificação da sua boa operacionalidade. Recolhem-se, por exemplo, os valores de binário, velocidades de rotação, pressões e intensidades de corrente.

3.3.2.4. Inspeção Visual

Nunca é demais insistir na enorme importância que a inspeção visual regular apresenta para a implementação de qualquer programa de manutenção condicionada. Sintomas tais como fugas, desapertos, fissuras, são detectados com bastante facilidade.

3.3.2.5. Medições Ultra-sónicas

Técnica apropriada para a detecção de fugas de gases ou líquidos em tubos, válvulas e acessórios de montagem e, também, para medição de espessura das paredes em tubos e reservatórios.

3.3.2.6. Análise aos Lubrificantes

As análises aos lubrificantes são um dos componentes vitais do plano de manutenção, pois através destas poderemos avaliar o estado de condição do lubrificante, determinar ou não a sua mudança e, ainda mais importante, obter o diagnóstico de condição do equipamento onde este lubrificante trabalha. Uma análise a um lubrificante inclui a determinação de vários parâmetros físico-químicos (viscosidade, partículas insolúveis, teor de água, índice de acidez, oxidação, alcalinidade, demulsibilidade) e uma análise dos metais de desgaste.

Podemos citar algumas vantagens e desvantagens destes tipos de manutenção:

	Preventiva Sistemática	Preventiva Condicionada
Vantagens	Não requer acompanhamentos e inspeções periódicas através de instrumentos específicos de monitoração. Não requer técnicos especializados.	Aproveita-se ao máximo a vida útil dos elementos constituintes do equipamento, podendo-se programar a sua substituição.
Desvantagens	Não é aproveitada ao máximo a vida útil dos elementos constituintes do equipamento.	Requer acompanhamentos e inspeções periódicas, através de instrumentos específicos de monitoração. Requer técnicos especializados.

O objectivo da Gestão da Manutenção é conseguir, agregando todos estes tipos de manutenção nas proporções ideais, um padrão de desempenho a um custo mínimo, atendendo a que este custo não é apenas o custo da manutenção, no sentido contabilístico, mas sim o custo da manutenção mais a soma dos custos indirectos da manutenção (perdas de produção) e dos benefícios obtidos com as melhorias. Este objectivo, só pode ser procurado nos domínios da manutenção planeada.

4. MANUTENÇÃO CENTRADA NA FIABILIDADE (RCM)

Em função das grandes mudanças que ocorreram nas últimas décadas - aumento do número e diversidade de equipamentos que necessitam ser mantidos, sistemas cada vez mais complexos, novas técnicas de manutenção, maiores responsabilidades atribuídas à Função Manutenção, etc - os responsáveis por equipas de manutenção sentiram a necessidade de adoptar um método de trabalho que sintetizasse os novos avanços num modelo coerente, modelo esse que permitisse avaliar os novos desafios e aplicar os novos recursos disponíveis, de uma forma mais racional. A "**RCM** – *Reliability Centred Maintenance*" (Manutenção Centrada na Fiabilidade) foi considerada como a metodologia mais adequada, pois baseia-se nesta filosofia de trabalho, e já foi amplamente testada durante um longo período de tempo, e em vários segmentos da indústria.

A sua metodologia determina uma convergência de objectivos e de esforços da Função Produção e da Função Manutenção, nomeadamente através do seu envolvimento em trabalho de grupo, o que gera uma dinâmica e uma motivação dos elementos envolvidos, o que, seguramente, contribui para os bons resultados que a sua aplicação tem evidenciado.

A implementação deste modelo é concretizada através da constituição de grupos de trabalho multidisciplinares e multifuncionais, constituídos por elementos da Função Produção e da Função Manutenção, provenientes de diversos níveis hierárquicos, com prévia formação geral na metodologia *RCM* e nas respectivas técnicas aplicáveis, apoiados por um especialista no modelo, que identificam em primeiro lugar as avarias críticas dos equipamentos, nomeadamente as designadas por “avarias escondidas”, que não afectam de imediato a produção, e por tal, não têm efeitos imediatamente visíveis, mas que podem culminar em graves consequências. Posteriormente, e de uma forma sistemática e devidamente estruturada, analisam as consequências dessas avarias na segurança dos bens e pessoas, na continuidade do processo e no ambiente, através de uma metodologia específica e recorrendo ao apoio de programas informáticos, dispendo de algoritmos que permitem estudar as avarias dos equipamentos, estabelecendo, à posteriori, qual a política de manutenção mais vantajosa a ser aplicada aos equipamentos ou à instalação em causa, tendo em conta os riscos assumidos à partida pela empresa.

O modelo *RCM* promove, assim, a aplicação de políticas de manutenção fundamentadas no conhecimento completo das funções do equipamento, no contexto em que está a operar, e no conhecimento profundo dos seus tipos de avarias e suas consequências, como resultado do estudo detalhado, por parte dos grupos de trabalho, dos seguintes aspectos:

- Funções do equipamento e seus requisitos padrão;
- Análise das suas avarias funcionais e respectivos tipos e efeitos, através do método “*FMECA – Failure Modes Effects and Criticality Analysis*” (Consequências dos Tipos de Falhas e Análise das Criticalidades);
- Consequências das avarias na segurança, no ambiente e na produção (avaliação de riscos);
- Definição da política de manutenção aplicando a metodologia específica da *RCM* à informação previamente obtida, recorrendo a acções de:
 - ✓ Manutenção preventiva;
 - ✓ *Default*, para os casos em que não é possível identificar acções de natureza preventiva, e que incluem inspecções periódicas e o cálculo da sua periodicidade efectuadas aos sistemas de protecção;
 - ✓ Manutenção correctiva e modificações.

A implementação da *RCM* requer então a adopção de uma sequência lógica de etapas:

- 1º – Delimitação do sistema;
- 2º – Análise funcional;
- 3º – *FMEA (Análise dos Modos e Efeitos da Falha)*;
- 4º – Diagrama de decisão;
- 5º – Plano de manutenção.

4.1. AS 5 ETAPAS DE IMPLEMENTAÇÃO DA “RCM”

Etapa 1 – Delimitação do Sistema

Inicialmente, o sistema a ser analisado deve ser delimitado. A partir da selecção dos sistemas ou equipamentos, definem-se as fronteiras e interfaces (entradas e saídas) do objecto da aplicação. A definição de fronteiras é fundamental para o estabelecimento das interfaces com os demais sistemas

ou equipamentos que compõem a instalação, não existindo regras definidas para o seu estabelecimento. Cabe ainda realçar que a experiência da equipa de análise e o funcionamento do sistema, é que devem orientar essa delimitação.

Etapa 2 – Análise Funcional

Esta etapa compreende a definição clara e exaustiva de todas as funções e falhas funcionais associadas aos componentes e acessórios do equipamento delimitado para análise. Normalmente, as interfaces de saída, identificadas na etapa anterior, estão associadas a estas funções. Na definição das funções é importante considerar o contexto operacional do equipamento em relação à instalação. As falhas funcionais são, em princípio, a negação das funções anteriormente definidas. Por outras palavras, a falha funcional é a incapacidade de um componente ou equipamento ter o desempenho desejado, ou mesmo, realizar o que o usuário tem de expectativa quanto ao desempenho de determinado item.

Etapa 3 – FMEA (Análise dos Modos e Efeitos da Falha)

Nesta etapa, utiliza-se a ferramenta *FMEA* para identificar os modos de falha (como a falha ocorre) e apurar os efeitos associados a cada um desses modos. A *FMEA* fornece a caracterização dos modos de falha associados aos componentes e equipamentos, as causas das falhas e os seus efeitos (como a falha se manifesta). Um modo de falha qualquer pode estar relacionado com mais do que uma causa, e o efeito pode igualmente estar associado a uma ou mais causas. Portanto, já é possível identificar que, para alguns modos de falha considerados não críticos, é recomendável aplicar a manutenção correctiva, mais especificamente, quando as falhas possuem probabilidade de ocorrência remota e consequência pouco relevante, ou frequência alta e consequência irrelevante.

Etapa 4 – Diagrama de Decisão

A utilização dos diagramas de decisão (*ver figura 4.1*), ferramenta básica para o desenvolvimento desta etapa, permite a definição das tarefas de manutenção, que compõem o plano de manutenção, de forma lógica e estruturada.

Etapa 5 – Plano de Manutenção

A implementação do plano de manutenção, com as tarefas e respectivas frequências definidas, é a última etapa prevista para a aplicação da *RCM*. Nesta etapa, procede-se ao agrupamento das tarefas com o intuito de otimizar a utilização dos recursos humanos e minimizar a eventual indisponibilidade associada à execução das actividades de manutenção preventiva. Deve ser salientado que as revisões periódicas do plano de manutenção ficam facilitadas, pelo facto de se possuir toda a documentação proveniente da implementação da *RCM*.

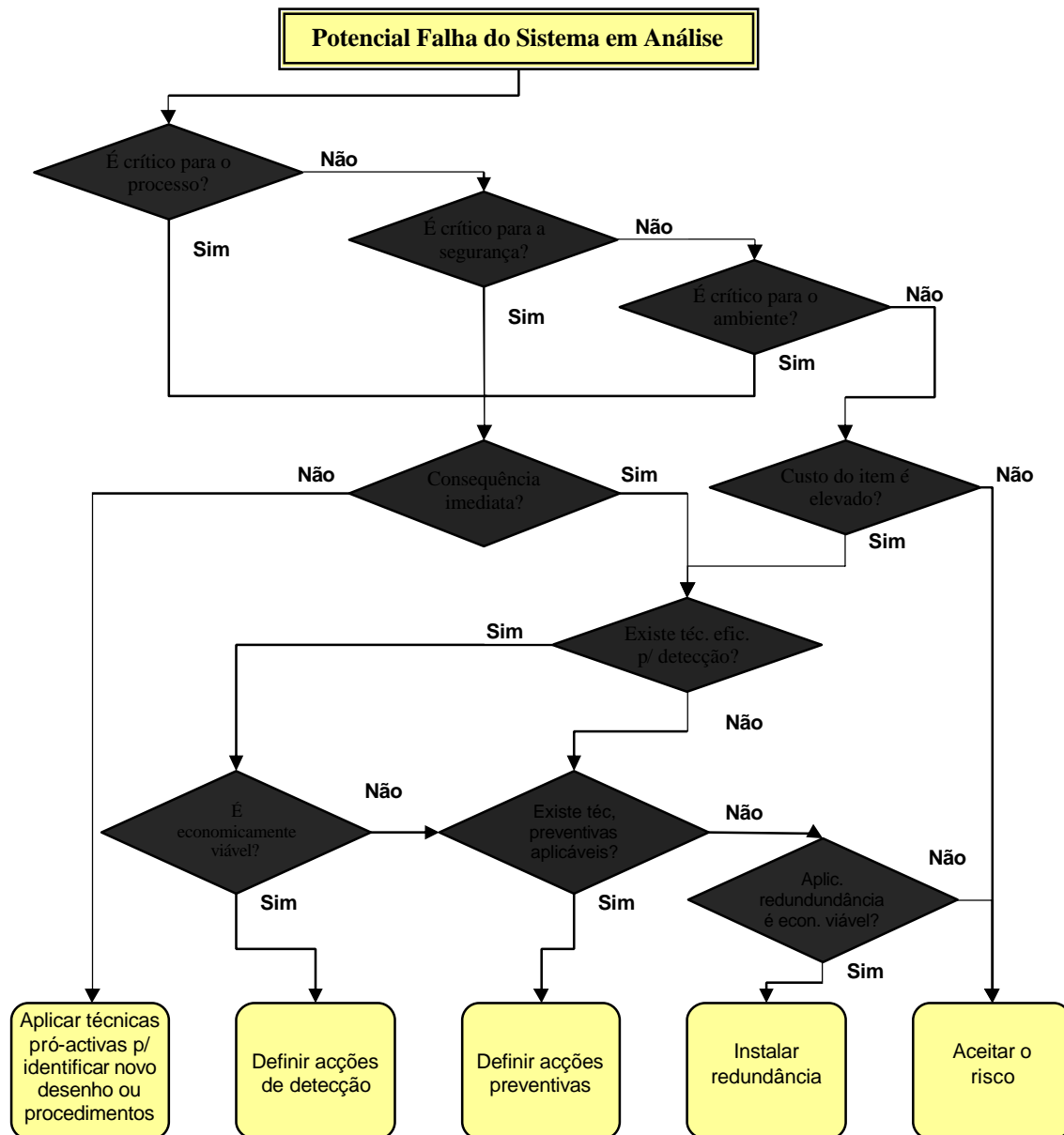


Figura 4.1. – Diagrama de decisão da RCM.

5. MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)

A Manutenção Produtiva Total, normalmente abreviada por *TPM*, do inglês *Total Productive Maintenance*, é um conceito moderno de manutenção introduzido no Japão em inícios da década de 70, decorrente da implantação da técnica produtiva *KanBan* na empresa Nippon Denso, do grupo Toyota. A sua característica principal consiste em envolver o pessoal da produção activamente na manutenção, explorando o facto de o operador ser quem melhor conhece a máquina e, portanto, quem detém posição soberana para lhe criar as melhores condições de funcionamento, para sondar as suas queixas, em suma, para proporcionar as melhores condições de prevenção de avarias.

O modelo *TPM* consegue criar um clima prático de auto-gestão no local de trabalho, na medida em que os operadores dos equipamentos assumem, por assim dizer, a propriedade dos equipamentos que operam, cuidando eficazmente do seu bom estado de funcionamento, conseguindo-se assim eliminar grande parte das avarias e das paragens de produção. Este modelo respeita, por conseguinte, a inteligência e o

potencial do conhecimento de todos os colaboradores da empresa. O conceito de “propriedade do equipamento” conjuga a força (poder) do homem com os equipamentos envolvidos nos processos produtivos, permitindo a criação de uma “cultura de valores”.

O modelo *TPM* gera sinergias entre todas as funções organizacionais da empresa, mais concretamente, entre a Produção e Manutenção, de forma a melhorar continuamente a qualidade dos produtos fabricados, a aumentar a disponibilidade operacional dos equipamentos e aumentar as condições de segurança dos operadores. A essência deste modelo faz ainda com que os operadores trabalhem em colaboração com o pessoal especializado da manutenção, na detecção e reparação de avarias mais complexas, reduzindo assim os custos indirectos da Função Manutenção, redução essa que se traduzirá, em termos globais da empresa, numa melhoria significativa no que respeita aos processos produtivos e aos lucros obtidos.

O modelo *TPM* representa igualmente um modelo de gestão empresarial que identifica e elimina as perdas existentes no processo produtivo, maximiza a utilização dos equipamentos industriais e garante a geração de produtos de elevada qualidade a custos competitivos, sem haver a necessidade de novos investimentos. Além disso, desenvolve conhecimentos capazes de reeducar os colaboradores da empresa para acções de prevenção e de melhoria contínua, garantindo assim o aumento do ciclo de vida e da fiabilidade dos equipamentos. Por conseguinte, o aumento da eficiência dos processos produtivos dá-se através de um sistema de prevenção de perdas do processo produtivo, cujo objectivo primordial consiste no produto final, prevenção essa que envolve todos os colaboradores, independentemente da sua posição hierárquica.

Actuando igualmente na gestão de *stocks*, consegue-se reduzir os tempos de resposta das actividades de manutenção, com vista a eliminarem-se os tempos mortos de não produção, reflectindo-se estes propósitos num aumento da satisfação dos clientes e no reforço da posição da empresa no mercado.

A Manutenção Produtiva Total representa uma estratégia de gestão dos equipamentos, concebida exactamente para se alcançar a máxima eficiência através do envolvimento directo dos operadores desses equipamentos. Sem dúvida que o operador é o elemento mais importante na medida em que mantém um contacto permanente com as máquinas. Utilizando os seus sentidos básicos, ele pode detectar de forma praticamente instantânea qualquer tipo de sinal de aviso. A *TPM* desenvolve esses sentidos assim como as competências técnicas, de forma a que os operadores possam garantir um funcionamento racional das linhas de produção. Essas competências, adquiridas através de treino e de formação contínua, são conhecidas por Manutenção Autónoma, e constituem o princípio da *TPM*. Como é evidente, a produção é uma questão bastante complexa, na qual bastantes recursos humanos se encontram envolvidos, podendo os equipamentos avariar devido a falhas de concepção, e as linhas de produção pararem devido a defeitos nos materiais. Todavia, com o modelo *TPM* é possível identificar as causas raízes dos problemas e dialogar-se com os respectivos fornecedores dos equipamentos, com os departamentos de concepção e desenvolvimento, e com os responsáveis das empresas construtoras de forma a encontrarem-se as melhores soluções. Por seu turno, os técnicos de manutenção poderão dedicar-se a tarefas mais especializadas e de maior complexidade, na medida em que se encontram libertos das tarefas mais rotineiras, que passam a ser asseguradas pelos operadores dos equipamentos. Em suma, a *TPM* aproveita a “massa cinzenta” de todos

os colaboradores da empresa, permitindo a criação de um ambiente de trabalho vigoroso e entusiástico, que, a médio prazo, se traduzirá em benefícios e vantagens competitivas.

A *TPM* não irá, como se torna evidente, resolver todos os problemas da empresa, contudo, representa uma nova forma de estar da empresa, que conta com o envolvimento de todos os seus departamentos, e é caracterizada por avanços constantes e progressivos. Ou seja, o que se aprendeu de útil no primeiro ano de implementação irá, com toda a certeza, contribuir para manter os novos “standards” de eficiência global dos equipamentos nos anos que se seguirão.

5.1. CARACTERIZAÇÃO DO *TPM*

O seu perfil caracteriza-se por:

- Procura da maximização da eficiência global das máquinas e dos equipamentos.
- Sistema total que engloba todo o ciclo de vida útil da máquina e do equipamento.
- Sistema onde participam os quadros técnicos da Produção e da Manutenção.
- Sistema que congrega a participação de todos, desde os da alta direcção até aos últimos operacionais.
- Movimento motivacional, na forma de trabalho de grupo, através da condução de actividades voluntárias.

Por outro lado, o seu exercício apresenta as seguintes características:

- Procura a economicidade através da condução de uma manutenção preventiva lucrativa.
- Integra as técnicas da manutenção correctiva, da manutenção preventiva e da prevenção de manutenção, este último, através do diagnóstico precoce de avarias.
- Pressupõe o envolvimento voluntário dos operadores que, estando em contacto directo com as máquinas, são quem melhor conhece o seu estado de saúde e, portanto, quem pode tomar as medidas preventivas básicas necessárias ao seu bom funcionamento. Estas medidas preventivas são, a um nível, executadas por eles ***próprios – inspecção, lubrificação e limpeza*** – ou, então, na medida necessária, solicitadas ao pessoal da manutenção – os especialistas – quando o seu âmbito exceder as capacidades técnicas dos operadores.

5.2. OBJECTIVOS DO MODELO *TPM*

O *TPM* tem como objectivo principal a eliminação das falhas, defeitos e outras formas de perdas e desperdícios, visando a maximização da eficiência dos equipamentos, com o envolvimento de todos. 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 atarefados com actividades aparentemente repetitivas, têm muito a contribuir se tal lhes for facultado e permitido, pelas estruturas dirigentes de topo. O objectivo da filosofia *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, participando de forma directa e activa nas actividades de produção e de manutenção. Por conseguinte, o

objectivo da *TPM* será a 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. 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 executarem acções de manutenção de uma forma mais racional. Pode dar-se a imagem de que uma fábrica é composta por duas partes distintas: Uma, visível, a que realmente, produz produtos com qualidade; e, a outra, invisível, que só produz perdas. Segundo esta analogia, poder-se-ia dizer que o *TPM* é a técnica que permite transformar a parte invisível em visível, através da eliminação de todas as perdas. Tradicionalmente, a identificação dessas perdas era realizada ao analisar-se estatisticamente os resultados de exploração desses equipamentos, objectivando 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 e colmata as deficiências de formação técnica dos operadores.

5.3. PERDAS QUE O *TPM* PERMITE ELIMINAR

1^a- **Perdas por avaria / falha – paragens acidentais**

É o factor que mais prejudica a eficiência. São as perdas de tempo devido ao equipamento não estar disponível para produzir nas condições requeridas, deixando de funcionar total ou parcialmente.

2^a- **Perdas por mudança de produto - Set-up**

É a perda provocada por paragem associada à mudança de produto. O tempo de mudança de produto significa o tempo necessário desde a paragem do produto que estava a ser produzido, até à preparação do outro produto que será produzido, sendo o ajustamento do equipamento a fase que demora mais tempo.

3^a- **Perdas devidas à ferramenta**

Perdas de tempo por falta, deterioração, desajuste ou desaperto de ferramentas, ou ainda, pela utilização de ferramentas inadequadas à execução da tarefa em causa.

4^a- **Perdas por pequenas paragens**

Perdas de tempo, por exemplo, por bloqueios na linha, falta de material, falta de operador, falhas de energia eléctrica, fins de curso encravados, pequenos ajustes, etc. São casos em que o equipamento volta a operar normalmente assim que a peça que está encravada for retirada, ou através de um re-arranque, diferindo essencialmente da avaria/falha do equipamento.

5^a- **Perdas por quebra de velocidade**

Perdas devido ao equipamento não estar a produzir, ou à velocidade para que foi concebido, ou à velocidade especificada, ou seja, o tempo de ciclo real é maior que o tempo de ciclo ideal.

6^a- **Perdas por produto defeituoso ou re-trabalho**

Perdas resultantes do fabrico de peças defeituosas (não conforme ou para re-trabalho) ou perdas de tempo devidas à necessidade de processar mais que uma vez o mesmo produto.

7^a- **Perdas no arranque do equipamento**

Perdas que ocorrem no arranque da produção (por exemplo após fins de semana, feriados, férias, arranque de turnos ou paragens planeadas) e que resultam do facto do equipamento quando é ligado não estar imediatamente apto para produzir à sua velocidade nominal. Alguns equipamentos necessitam de algum tempo para atingirem a sua temperatura de funcionamento (ex. Fornos), outros de arrancar a velocidades reduzidas, aumentando-a progressivamente até se atingir a velocidade nominal de trabalho, e outros ainda de efectuar ensaios de ajuste antes de iniciar a operação.

5.4. OS 8 PILARES DO TPM

Na metodologia da Manutenção Produtiva Total, para a eliminação das sete grandes perdas de produção, explicitadas anteriormente, devem instalar-se oito actividades fundamentais, designadas universalmente pelos “Oito Pilares do TPM”.

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

Atendendo a que a filosofia *TPM* impõe uma mudança radical na cultura das empresas, 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 dos quadros superiores, que terão um papel fundamental na elaboração de um plano bem organizado que permita a rápida adopção da *TPM*. Nunca é demais lembrar que o modelo *TPM* objectiva a maximização do rendimento operacional global, e, para que tal aconteça, é necessário assegurar os seguintes itens:

- Manter os equipamentos em condições ideais de funcionamento;
- Assegurar formação contínua a todos os recursos humanos;
- 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*:

- Pilar de Melhorias Específicas,
- Pilar de Manutenção Autónoma,
- Pilar de Manutenção Planeada,
- Pilar de Educação e Formação.

Vejamos seguidamente, de forma desenvolvida, cada um destes pilares.

Pilar de Melhorias Específicas

Este pilar aborda a eliminação das sete 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:

- 1) 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;
- 2) Se os processos produtivos de capacidade mais reduzida conseguem produzir a quantidade de produtos requerida, então os processos produtivos de maior capacidade deverão produzir de forma intermitente;
- 3) 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.

Pilar de Manutenção Autónoma

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 desgase 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. É sem dúvida o pilar mais importante do *TPM*, pois permite aplicar os cuidados básicos da manutenção da máquina através do operador. São sete as etapas para aplicação da manutenção autónoma:

ETAPA	DENOMINAÇÃO	CONTÉUDO DA ACTIVIDADE
1ª	Limpeza inicial	Eliminando na totalidade as sujidades que se formam no equipamento, bem como a detecção de inconveniências e sua reparação.
2ª	Medidas de combate contra a fonte de sujidade e local de difícil acesso	Efectuar melhorias quanto à fonte de sujidades, prevenção contra derrames e locais de difícil limpeza e lubrificação, reduzir o tempo gasto nesses procedimentos.
3ª	Elaboração de normas de limpeza e lubrificação	Efectuar normas de limpeza de forma a manter efectivamente o menor tempo para as operações de limpeza, reaperto (é necessário indicar o tempo diário requerido para tais operações).
4ª	Inspeção geral	Detecção e restauração de falhas de equipamento através da aplicação de técnicas de inspeção geral conforme o manual de inspeção.
5ª	Inspeção autónoma	Elaboração e execução da folha de inspeção.
6ª	Organização e ordem	Executar a padronização dos itens de controlo dos diversos locais de trabalho e a sistematização total da sua manutenção: <ul style="list-style-type: none"> • Normas de inspeção de limpeza e de lubrificação; • Normas de fluxo de materiais no local de trabalho; • Padronização do registo de dados; • Normas de controlo de ferramentas, moldes e dispositivos;
7ª	Consolidação	Desenvolver as directrizes e as metas e executar regularmente o registo da actividade de melhoria.

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 ao Deus dará.

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 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:

- 1) A delegação de competências e de responsabilidades representa a base da educação e da formação profissional;
- 2) 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;
- 3) 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 executado apenas de uma única forma;
- 4) A formação é um meio para se atingir um objectivo;
- 5) Toda a formação deverá ser acompanhada através da aplicação prática directa dos conhecimentos adquiridos;
- 6) Sempre que possível, os formadores deverão ser colaboradores internos da empresa, oriundos dos seus diversos departamentos, com uma larga experiência de conhecimentos;
- 7) 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;
- 8) É necessário criar-se um plano de formação;
- 9) Toda a formação conduzida no interior da empresa deverá ser da responsabilidade total da chefia directa dos formandos;
- 10) 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.

5.5. AS 12 ETAPAS DA IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO TPM

A implementação da Manutenção Produtiva Total obriga à definição de um conjunto de 12 etapas, elaboradas de uma forma sequencial, e referentes a diferentes fases dessa mesma implementação, conforme se discrimina no quadro seguinte:

FASES	ETAPAS		PONTOS PRINCIPAIS
Preparação para a Introdução	1 ^a	Manifestação da administração sobre a decisão de introduzir a <i>TPM</i> .	Esta manifestação deve acontecer num encontro interno da empresa, dedicado exclusivamente à <i>TPM</i> , e deve ser publicada num boletim interno da própria empresa.
	2 ^a	Campanha de divulgação e formação para a introdução da <i>TPM</i> .	Executivos: Realizam estudos em grupo, consoante os cargos que ocupam. Funcionários em geral: Devem ser orientados através de recursos multimédia.
	3 ^a	Estrutura para a implantação da <i>TPM</i> .	Engloba uma comissão e grupos de estudos por cada especialidade, bem como um secretariado.
	4 ^a	Estabelecimento de directrizes básicas e metas para a <i>TPM</i> .	<i>Benchmarking</i> e metas: previsão dos resultados.
	5 ^a	Elaboração do plano director para a implementação do <i>TPM</i> .	Engloba desde os preparativos para a introdução até aos detalhes de implementação.
Início da Introdução	6 ^a	Início do programa da <i>TPM</i> .	Endereçar convites a clientes, a empresas relacionadas, e a empresas colaboradoras.
Implantação	7 ^a	Aperfeiçoamento individualizado dos equipamentos, para se melhorar a sua disponibilidade operacional.	Seleção de um equipamento modelo, e organização de uma equipa de projectos.
	8 ^a	Estruturação da manutenção por iniciativa própria, de carácter espontâneo.	Método de evolução passo a passo, diagnóstico, e aprovação.
	9 ^a	Estruturação da manutenção programada pelo departamento de manutenção.	Manutenção preventiva sistemática e condicionada, controlo de construções, peças sobresselentes, ferramentas, e desenhos.
	10 ^a	Formação para melhoria do nível de capacidade técnica dos operadores dos equipamentos e dos técnicos de manutenção.	Formação concentrada de todos os recursos humanos envolvidos.
	11 ^a	Estruturação do controlo da fase inicial de operação dos equipamentos.	Manutenção preventiva, e análise dos custos dos ciclos de vida dos equipamentos.
Consolidação	12 ^a	Execução total da <i>TPM</i> , e elevação do nível geral da empresa.	Procura de um maior desafio, através de objectivos cada vez mais ambiciosos.

Vejamos seguidamente, em pormenor, quais as características inerentes a cada uma das etapas de implementação deste modelo de manutenção:

Etapa 1 – Manifestação da administração sobre a decisão de introduzir a TPM

A decisão da administração da empresa de introduzir o modelo *TPM*, deverá ser divulgada a todos os funcionários, na medida em que todos eles se deverão preparar psicologicamente para colaborarem no desenvolvimento das expectativas inerentes ao modelo, assim como na implantação 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. Deve-se levar a cabo, posteriormente, a 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. É aconselhável que a *TPM* seja desenvolvida como um todo, no interior da empresa. Todavia, quando se tratar de uma empresa de grande dimensão, com diversas unidades produtivas descentralizadas, localizadas no próprio país e no estrangeiro, devem-se seleccionar algumas dessas unidades, encaradas como unidades modelo, e introduzir nelas o *TPM*. A partir dos resultados obtidos nessas unidades piloto, a *TPM* será então introduzida em todas as restantes unidades da empresa

Etapa 2 – 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. Desta forma, à medida que se for fazendo formação contínua para a implantação da *TPM*, em todos os níveis hierárquicos da empresa, consegue-se obter uma maior compreensão sobre o tema, por parte de todos os intervenientes, que passarão igualmente a utilizar uma linguagem comum e mais evoluída. Aumenta assim, deste modo, 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 o que consiste o modelo *TPM*, e sobre as finalidades e objectivos da sua implantação. Deve ser apresentado a todos os recursos humanos, 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.

Etapa 3 – Estrutura para a implementação da TPM

O objectivo desta etapa consiste em criar uma estrutura matricial para promover 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 de *TPM* que congregue elementos de todos os sectores da empresa, e que se preocupará essencialmente com a promoção e implantação daquele 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 implantação da *TPM* dependerá significativamente de quem for nomeado para assegurar a presidência da comissão de implantação, 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.

Etapa 4 – 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 metas da *TPM* 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 implantação 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.

Etapa 5 – 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 implantação, 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 da *TPM*, especialmente o que consta na proposta dos pilares básicos desse modelo, 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 como referência este Plano Director, 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 da *TPM* deverá reunir-se com uma periodicidade mensal, para verificar os progressos alcançados, e avaliar a evolução do cumprimento do programa.

Etapa 6 – Início do programa da *TPM*

Após a fase preparatória, dá-se então início à implantação do programa. Nesta etapa, procura-se que cada funcionário 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 imperioso organizar um evento, para se lançar o desafio da eliminação das sete grandes perdas 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 implementar 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.

Etapa 7 – 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 operadores de equipamento, 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 implantação 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 sete grandes perdas num determinado processo produtivo, 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 implantação 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.

Etapa 8 – 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 os seguintes passos, discriminados no quadro da página seguinte:

1º Passo	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.
2º Passo	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.
3º Passo	Elaboração de normas para limpezas e lubrificações
	As normas que serão seguidas devem ser elaboradas pelo próprio operador do equipamento.
4º Passo	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.
5º Passo	Inspecção espontânea
	Efectua-se a inspecção espontânea com a finalidade de se manter as condições de desempenho originalmente concebidas para o equipamento.
6º Passo	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.
7º Passo	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.

Os passos 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.

Etapa 9 – 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.

Etapa 10 – Formação para melhoria do nível de capacidade técnica

Nesta etapa, preconiza-se o desenvolvimento de novas capacidades e conhecimentos, tanto para os recursos humanos afectos à produção como para os meios humanos 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.

Etapa 11 – 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, de forma a que as escolhas assumidas sejam as mais racionais de acordo com estas vertentes de decisão.

Etapa 12 – 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.

5.6. RESULTADOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO *TPM*

Para que o modelo *TPM*, ao ser implementado numa empresa, consiga 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*;
- 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 bons resultados;
- 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 implementação, devidas basicamente aos seguintes factores:

- Redução de avarias nos equipamentos, com o consequente 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 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 introdução do modelo *TPM* 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 suma, com a implantação do modelo *TPM* espera-se o seguinte:

- 1) Gestão de *stocks* com custos minimizados;
- 2) 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;
- 3) 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.

5.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

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 industriais. Esta metodologia apresentou resultados comprovados no país de origem, o Japão. Contudo, a metodologia original deverá ser aplicada a cada especificidade concreta, consoante o tipo de empresa a que se destina, pois só assim poderá ser bem sucedida em todos os casos. É de grande importância salientar que, se não houver apoio 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 implantação. A elaboração de um plano bem estruturado, a utilização de indicadores, e a quantificação dos resultados, representam variáveis importantes para o sucesso da *TPM*. O registo e o controlo de dados, em tempo real, permitem a aferição da evolução das diversas etapas do modelo, bem como eventuais correcções que sejam necessárias realizar. O investimento em formação contínua é fundamental para a *TPM*, na medida em que se exige um elevado grau de competência técnica e de consciência profissional, da parte de todos os meios humanos envolvidos no processo. O tempo de implantação 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 implantação se esteja a processar de

acordo com as doze etapas discriminadas anteriormente. 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 implantada.

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

6. METODOLOGIAS PARA AUMENTAR A DISPONIBILIDADE DOS EQUIPAMENTOS

As organizações envolvidas em processos de melhoria continua, têm uma estratégia que assenta em duas componentes essenciais:

- A FILOSOFIA
- As TÉCNICAS DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

6.1. FILOSOFIA OPERACIONAL DA ORGANIZAÇÃO

Há pontos comuns nas filosofias operacionais destas organizações, como por exemplo:

Valores	Descrição
Causas	Melhorar a qualidade, removendo as causas dos problemas dos processos, inevitavelmente conduz a uma produtividade mais elevada.
Pessoas	As pessoas que executam uma função num processo, são aquelas que melhor a conhecem.
Envolvimento	Querem ser envolvidas e fazer bem o seu trabalho.
Contribuição	Gostam de se sentir como contribuintes válidos.
Eficiência	É mais eficiente trabalhar em equipa, com o objectivo de melhorar o processo, do que ter contribuidores individuais ao processo.

6.2. TÉCNICAS DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

As técnicas de resolução de problemas baseiam-se na utilização da estatística e dos meios gráficos. Elas podem ser divididas da seguinte forma:

6.2.1. Técnicas Básicas

- Gráfico de fluxos
- Folhas de verificação
- Diagrama de *Pareto*
- Diagrama Causa-Efeito
- Gráfico de Tendência

- Histograma
- Diagrama de dispersão
- Cartas de controlo estatístico

Kaoru Ishikawa considera que 95% dos problemas podem ser resolvidos com a utilização destas técnicas, que são consideradas como ferramentas clássicas da Qualidade e podem ser usadas por todos os níveis da organização. A figura 6.1. é exemplificativa de todas estas ferramentas.

6.2.1.1. O Gráfico de Fluxos (Fluxograma)

O primeiro e mais importante passo para a compreensão e descoberta de oportunidades de melhoria de um processo é a construção de um fluxograma.

Este diagrama consiste numa representação gráfica dos distintos passos de um processo pela sua ordem sequencial. Pode mostrar a sequência das acções, entradas/saídas de materiais ou serviços, tempos de operação, decisões que devem ser tomadas, e as funções envolvidas.

6.2.1.2. A Folha de Verificação

As folhas de verificação (designadas na língua inglesa por “*Checklists*”) permitem responder às perguntas “Quantas vezes sucede?” e “Quando sucede?”. Desta forma, aquilo que no início não passa de opiniões ou impressões, transforma-se em factos objectivos.

Para se utilizar folhas de verificação, é necessário dar os seguintes passos:

- a) Definir claramente qual a pergunta para a qual desejamos a resposta.
- b) Definir qual o período no qual se vai recolher informação.
- c) Desenhar um formato claro e preciso, onde os dados são registados.
- d) Obter os dados de forma honesta e consistente.

6.2.1.3. O Diagrama de Pareto

Em termos simples o princípio de *Pareto* diz-nos que a maioria dos efeitos está relacionada com um número reduzido de causas. Em termos práticos podemos dizer que 80% dos problemas são causados por 20% das causas (máquinas, materiais, pessoas, métodos, etc).

Utiliza-se este diagrama quando precisamos de mostrar a importância relativa de todos os problemas ou condições com o objectivo de:

- a) Decidir o ponto de partida para a resolução de problemas,
- b) Identificar as causas de um problema,
- c) Monitorar o sucesso.

Neste diagrama, a categoria mais frequente é colocada à esquerda e seguidamente são colocadas as outras categorias por ordem decrescente.

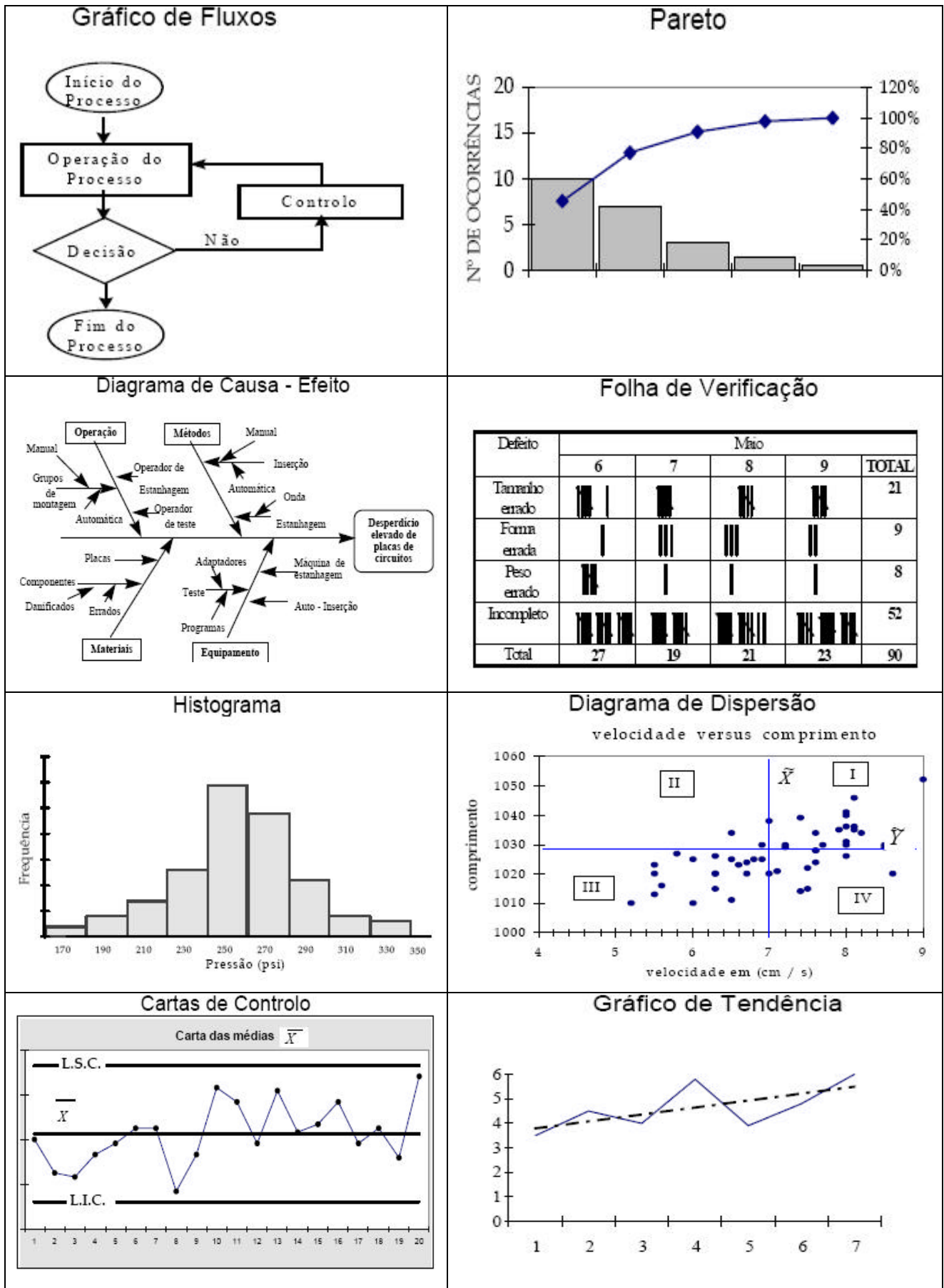


Figura 6.1. – Ferramentas clássicas utilizadas na resolução de problemas.

6.2.1.4. O Diagrama Causa e Efeito

O primeiro diagrama de causa e efeito foi desenvolvido pelo Dr. *Kaoru Ishikawa* da Universidade de Tóquio, no verão de 1943, quando explicava a alguns engenheiros da “*Kawasaki Steel Works*”, como é que diversos factores (causas) podiam ser ordenados de uma forma lógica.

Este diagrama é muitas vezes designado por “*Diagrama de Ishikawa*” ou “Diagrama em Espinha de Peixe” e tem como objectivo relacionar as causas com o efeito.

Vejamos a constituição básica deste diagrama, que se encontra representado na figura 6.2.

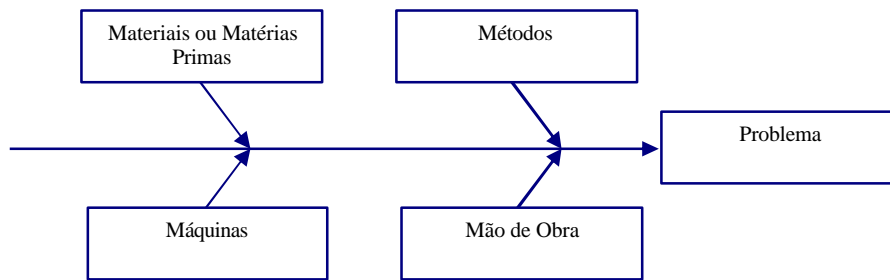


Figura 6.2. – Diagrama Cauda – Efeito.

As 4 causas principais acima mencionadas, são também conhecidas pelos 4 “M’s”. Há autores que acrescentam mais M’s tais como, **M**eio ambiente, **M**anagement, **M**edidas.

Em termos de estrutura o diagrama causa efeito é composto por causas a vários níveis:

- As causas do tipo geral acima referidas
- As causas de nível 1 ou sub-causas que afectam directamente a respectiva causa geral
- As causas de nível 2 ou sub-subcausas que explicam a existência do nível anterior e assim sucessivamente.

Desta forma se constrói o diagrama de causa-efeito que esquematicamente é representado na figura seguinte.

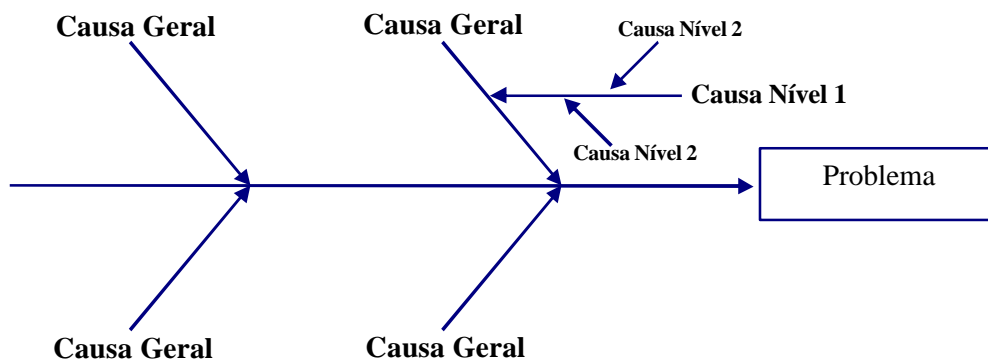


Figura 6.3. – Diagrama Causa – Efeito com vários níveis.

Facilmente se entende que o diagrama de causa-efeito é uma ferramenta especialmente adequada para o trabalho em equipa, pois com ele se organizam por grupos de afinidade as causas potenciais do problema a ser investigado; a variedade de ideias produzida durante o “*brainstorming*” é sistematizada pelo diagrama “Espinha de Peixe”.

6.2.1.5. O Gráfico de Tendência

Este gráfico designa-se em língua inglesa por “*Run Chart*” e tem como objectivo a visualização de um processo, de forma a identificar possíveis alterações ao longo do tempo. Os pontos são desenhados à medida que os resultados são obtidos.

Um dos problemas que surgem na utilização destes gráficos, é a má interpretação da variação do processo. É importante distinguir a variação natural da variação anormal. Com o gráfico de tendência, pretende-se essencialmente detectar as variações anormais, fora do controlo, pelo que se usam métodos estatísticos como por exemplo:

- a) **Série:** Sete ou mais pontos de um lado da média.
- b) **Tendências:** Uma série de pontos a crescer ou decrescer.

Os testes não julgam se os padrões são ou não desejáveis. Por exemplo, uma tendência pode indicar um melhor ou pior desempenho. É igualmente importante fazer alguma coisa para perceber e manter o bom desempenho e eliminar as causas do mau desempenho.

6.2.1.6. O Histograma

Os dados de informação são recolhidos por várias formas cada dia numa fábrica. Por exemplo, recolhemos dados do rendimento produtivo, percentagem de peças defeituosas, absentismo, etc, com o objectivo de os registar em gráficos ou cartas de controlo. Os dados são necessários para se obter as dimensões médias e o grau de dispersão de tal modo que possamos determinar se o lote produzido está conforme ou também se o processo de produção usado no processamento do lote foi o adequado, ou se alguma acção deverá ser tomada nos equipamentos. Como base no histograma, poderemos obter os seguintes resultados :

- a) Distribuição em forma de sino
- b) Distribuição bimodal
- c) Distribuição em forma de planalto
- d) Distribuição em forma de pente
- e) Distribuição enviesada à direita ou esquerda
- f) Distribuição truncada
- g) Distribuição com pico isolado

Com a análise destes resultados poderemos chegar a algumas conclusões acerca do comportamento dos equipamentos, pessoas, processos.

6.2.1.7. O Diagrama de Dispersão

O diagrama de dispersão é utilizado para estudar a relação existente entre duas variáveis, usualmente do tipo causa-efeito. Embora este diagrama não permita identificar qual das variáveis é a causa e qual é o

efeito, por exemplo a pressão e a temperatura, permite, contudo, verificar se uma variável de controlo altera uma variável de saída do nosso interesse.

O diagrama de dispersão é construído de forma que uma das variáveis seja representada pelo eixo das abcissas (variável de controlo) e a outra pelo eixo das ordenadas (variável de resposta). Observando o padrão de disposição de pontos, é possível concluir sobre a eventual relação entre as duas variáveis que poderão ter correlação positiva, negativa ou nenhuma.

6.2.1.8. Cartas de Controlo

Utiliza-se quando precisamos de saber, num dado processo, qual a quantidade de variabilidade devida à variação aleatória, e qual a que é devida a acontecimentos únicos ou à variação especial, a fim de determinar se estamos em controlo estatístico.

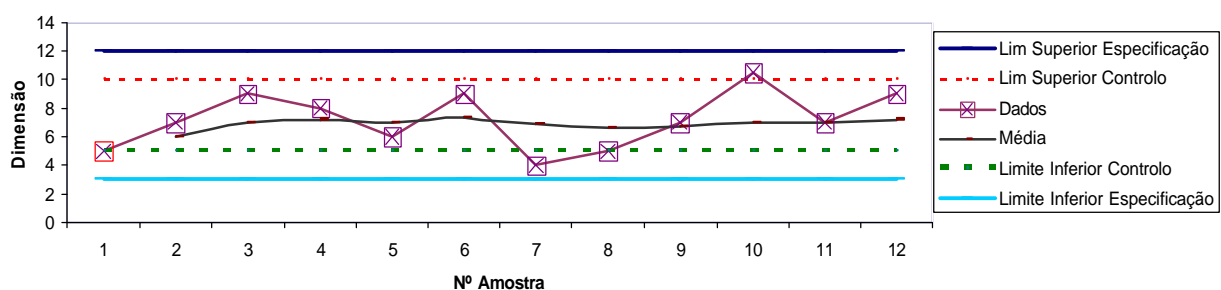


Figura 6.4. – Carta de Controlo.

Os limites de especificação são às necessidades do cliente e os limites de controlo são calculados durante o processo estabilizado. A flutuação dos pontos dentro dos limites resultam da variação inerente ao processo, isto é, das causas aleatórias do processo, contudo, os pontos fora dos limites de controlo resultam de causas especiais (alterações à estabilidade do processo) que não fazem parte do modo normal de funcionamento do processo. Estas causas especiais deverão ser eliminadas.

6.2.2. Técnicas Estatisticamente Intermédias

- Técnicas de amostragem;
- Inferência estatística (Estimação da média, Teste de hipóteses, *Anova* – Análise de variância, etc...);
- Projecto de experiências.

6.2.3. Técnicas Estatisticamente Avançadas

- Metodologia *Taguchi*;
- Projecto de experiências avançado;
- Análise multi-variáveis;
- Análise de séries temporais;
- Técnicas de investigação operacional.

6.2.4. Técnicas de Planeamento da Qualidade

- Desenvolvimento da Função Qualidade: **QFD** – “*Quality Function Deployment*”;
- Análise Modal de falhas: **FMECA** – “*Failure Mode Effect and Criticality Analysis*”.

6.2.4.1. QFD – “*QUALITY Function Deployment*”

Das diferentes ferramentas que foram apresentadas, a *QFD* é a mais recente. A sua utilização é ainda embrionária nas empresas. Contrariamente aos outros métodos de Controlo de Processo que foram na sua grande maioria inventados nos Estados Unidos e desenvolvidos no Japão, este método foi inventado na Mitsubishi no Japão nos anos 60. Pode perceber-se o seu objectivo através da seguinte definição:

“O QFD é um método que permite traduzir, de forma adequada, as expectativas do consumidor em especificações internas da empresa ao longo do desenvolvimento do produto, isto é:

- *Nas fases de investigação e desenvolvimento;*
- *Nas fases de estudo, métodos e realização do produto;*
- *Na fase comercial e de distribuição.*

No actual contexto de intensa competitividade torna-se essencial não dispersar esforços concentrando-nos no essencial: as necessidades dos clientes. O mais importante deixa de ser o que, na nossa óptica (que desenvolvemos e fabricamos) nos parece importante, mas o que é de facto importante na óptica do cliente. Quem desenvolve os produtos, e mais ainda quem os fabrica, estão frequentemente distantes dos seus clientes, é portanto indispensável utilizar um método que permita transmitir-lhes a “voz do cliente”, na sua linguagem, e com a menor deformação possível. Além disso, é importante desde logo que nos focalizemos no essencial para o cliente do que comparar o desempenho da nossa empresa com a concorrência. O *QFD* é um método preventivo que permitirá evitar dispendiosas acções correctivas.

As principais vantagens que os utilizadores do método evocam com mais frequência, são:

- Menos modificações depois do produto ter sido lançado no mercado;
- Diminuição dos custos de garantia;
- Aumento da satisfação do cliente;
- Melhoria de comunicação entre serviços;
- Diminuição do prazo de desenvolvimento e execução do produto.

6.2.4.2. *FMECA* - **Análise Modal de Falhas**

É um método de análise dos modos de falha, dos seus efeitos e criticidade. Este método é, por vezes, apresentado sob a sigla inglesa *FMECA*: ***Failure Mode Effect and Criticality Analysis***. Este método permite obter a qualidade através de uma acção mais preventiva que curativa. A origem deste método remonta aos anos 50 nos Estados Unidos. Foram essencialmente os construtores de automóveis que permitiram o desenvolvimento desta técnica em França devido ao seu elevado volume de compras a subcontratados e pelas suas exigências em matéria de qualidade. O seu principio baseia-se em realizar um estudo assente em trabalho de grupo destinado a pôr em evidência o mais cedo possível as potenciais falhas de um produto. Para tal, procurar-se-á:

- Identificar as causas que podem estar na origem de possíveis falhas;
- Identificar os seus efeitos;
- Hierarquizar as falhas através de uma referência;
- Executar as acções correctivas de prevenção.

Como é necessário validar cada etapa da vida de um produto, existem então vários *FMECA*. Citaremos apenas aqueles que são mais frequentemente utilizados:

- **FMECA Produto-Projecto** que permite validar produtos quando os mesmos se encontram ainda em fase de concepção.
- **FMECA Produto-Processo** que permite validar a gama de controlo de um produto a fim de que este satisfaça as características definidas pelo gabinete de estudos.
- **FMECA Recurso-Máquina** que se focaliza num recurso de produção a fim de diminuir o número de rejeitados, a taxa de avarias e de aumentar a sua capacidade.

O *FMECA* Produto-Processo, por exemplo, consiste em procurar numa gama de fabrico o conjunto de situações que podem ocasionar a produção de produtos defeituosos. Depois de se identificar as causas, estabelece-se uma classificação a partir de um índice de referência (índice de criticidade) para cada caso de falha reconhecido. Depois de se ter realizado uma análise detalhada, o grupo de trabalho faz um “*brainstorming*” a fim de estabelecer, para cada função o conjunto dos “modos de falha” que poderão surgir.

6.2.4.2.1. Noção de “Modo de Falha”

No *FMECA*, falamos de “modo de falha” como sendo a forma como um sistema pode ser levado a funcionar deficientemente. Cada modo de falha é dividido em:

- **Efeito**, isto é, qual a consequência para o cliente? Será um simples incómodo, um custo, uma avaria,...;
- **Causas**, porque a existência de um modo pode ser originado por várias causas e cada uma destas por sub-causas. É necessário identificar a árvore de falhas até à causa sobre a qual a empresa deverá actuar;
- **Detecção**, que é a aptidão da empresa para não entregar produtos com uma causa potencial de avaria desde que ela exista ou seja, não entregar um modo potência de falha usando para tal controlos, medições, cálculos, etc

6.2.4.2.2. Noção de Cotação de um Modo de Falha

A originalidade do método *FMECA* consiste em registar cada modo de falha identificando segundo três eixos de referência:

- Frequência de aparecimento, isto é, a probabilidade que a causa exista;
- Gravidade, isto é, a avaliação do efeito de não qualidade sentido pelo cliente;
- Detecção, isto é, a probabilidade de não entregar uma falha potencial quando a causa existe.

O nível de prioridade de risco (NPR) será o produto destes três registos. Numa referência 3/5/15, teremos uma grelha de referência conforme se mostra no quadro seguinte:

Cotação	F - Frequência	G - Gravidade	D - Detecção
3	Nunca	Sem consequências	100 %
5	Possível	Descontentamento	Não óptima
15	Frequentemente	Descontentamento Grave	Inexistente

As falhas cujo índice NPR seja relevante serão tratadas através de uma acção correctiva. O objectivo é conferir ao conjunto dos índices NPR valores inferiores a um determinado nível, previamente analisado e definido.

6.2.4.2.3. Folha Síntese FMECA

O conjunto do estudo é sintetizado numa folha de análise que poderá, na nossa opinião, apresentar a seguinte forma:

Item ou Falha	Produto		Processo	Previsto / Existente				Acções			Resultados								
	Defeito Potencial	Efeito da Falha		Falha	Plano de Monitorização	Classificação				Responsável	Prazo	Medidas	Classificação						
			D			F	G	NPR	D				F	G	NPR				

6.3. CICLO PDCA

O PDCA é um método que pode aplicar-se em todas as acções de progresso, seja ao nível individual, seja a um grupo de pessoas, seja a um sector da empresa, ou ainda a toda a empresa. Torna-se necessário envolver todas as pessoas que estão em relação próxima ou longínqua com o problema a resolver. É, sobretudo, um trabalho de grupo, porque as causas do problema são partilhadas, e as soluções deverão ter o consentimento da totalidade dos intervenientes.

O sucesso dos grupos de trabalho é, sobretudo, dependente do estado de espírito dos participantes. Ou seja, por outras palavras, cada um deve fazer seus os 10 mandamentos do KAIZEN, a seguir discriminados:

- 1) Abandonar as ideias pré-concebidas e pôr em causa o existente.
- 2) Não explicar porque é impossível, mas sim pensar em como fazer.
- 3) Realizar o mais rápido possível as propostas de melhoria escolhidas.
- 4) Não procurar perfeição, mas ganhar 60% imediatamente.
- 5) Corrigir imediatamente o erro no terreno.
- 6) Na dificuldade, procurar novas soluções.
- 7) Pesquisar a causa real, aplicar os "5 porquês", e procurar uma solução imediatamente aplicável.
- 8) Procurar as ideias de 10 pessoas em lugar das ideias de uma só pessoa.
- 9) Experimentar e validar duas vezes em vez de uma.
- 10) A melhoria é infinita.

Na figura 6.5 apresenta-se, de uma forma simbólica, as quatro vertentes que constituem o ciclo PDCA, assim como o sentido em que essas mesmas vertentes devem ser realizadas. Por sua vez, na figura 6.6 mostra-se o fluxograma com a descrição das etapas deste ciclo de melhoria contínua.

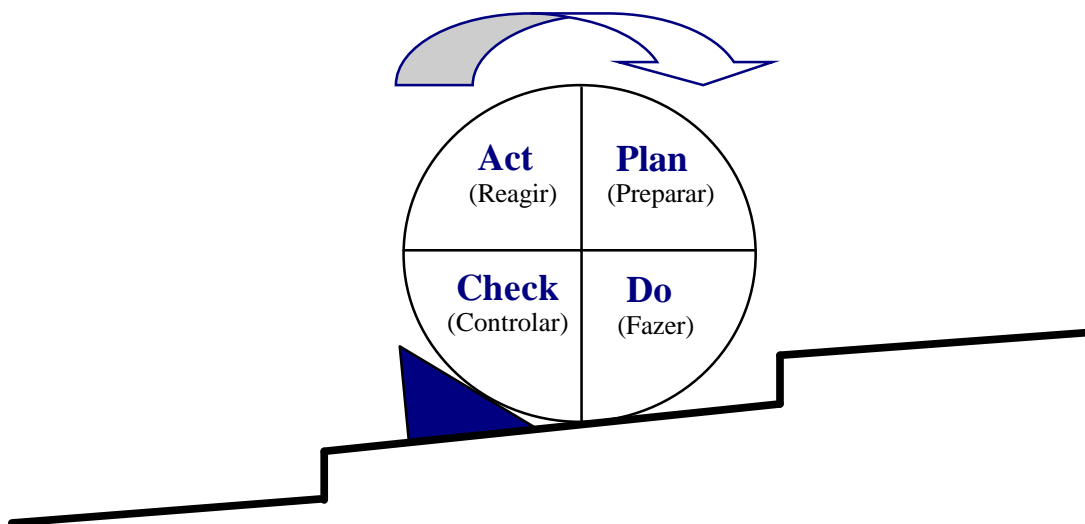


Figura 6.5. – Ciclo PDCA.

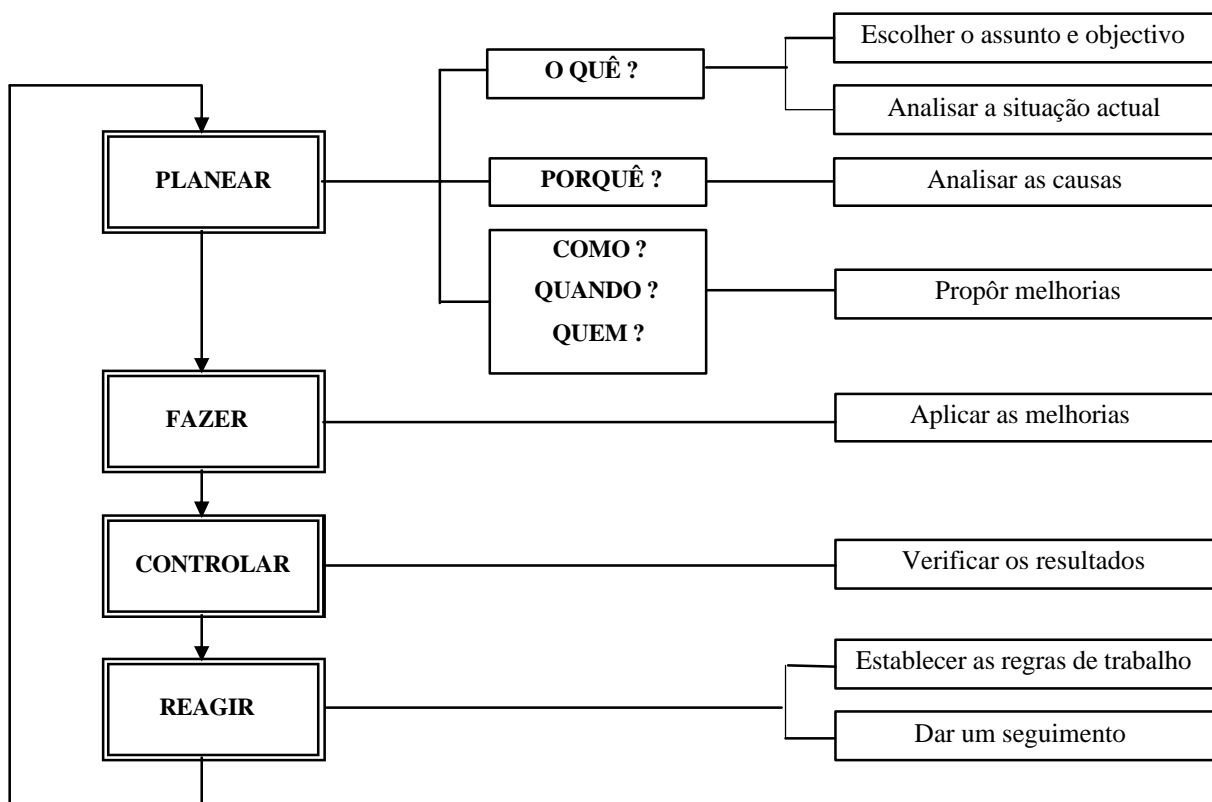


Figura 6.6. – Etapas do ciclo de melhoria contínua PDCA.

Os ciclos de melhoria contínua são então os seguintes:

➤ **PLAN = Planear**

Esta fase corresponde à pesquisa das causas do problema e a sua hierarquização (Diagrama de Pareto, diagrama de causa-efeito de Ishikawa, brainstorming, histogramas, cartas de controlo, gráfico de tendências, diagramas de dispersão, folhas de verificação).

➤ **DO = Fazer**

Esta fase corresponde à realização das acções do plano de acção (O quê / Quando / Quem?).

➤ **CHECK = Controlar**

Esta fase corresponde à avaliar os resultados (Monitorar, recolher dados, tirar conclusões).

➤ **ACT = Reagir**

Esta fase corresponde ao controlo dos resultados obtidos pela elaboração das novas regras, o seu respeito e a sua vigilância.

6.4. OS 5 “S”

Os 5 “S” representam o princípio do *JIT* (“*Just in Time*”) e estas são as cinco iniciais das palavras japonesas que têm como objectivo sistematizar as actividades de arrumação, organização e limpeza dos postos de trabalho. Para além disso a abordagem dos 5 “S” prepara tudo para manter e melhorar a situação actual. Estas palavras, todas iniciadas pela letra “S”, são as seguintes:

- *SEIKETSU* – Asseio
- *SEIRI* – Arrumação
- *SEISO* – Limpeza
- *SEITON* – Pôr em ordem
- *SHITSUKE* – Formação moral

O fluxograma da figura 6.7 descreve os procedimentos a seguir para se implementar a política dos 5 “S”. Uma campanha 5 “S” começa sempre pelas actividades de *SEIRI* e de *SEISO*. É necessário limpar primeiro o local de trabalho e arrumá-lo convenientemente. A arrumação efectua-se em três etapas:

1. Fazer a triagem entre os objectos necessários e inúteis no posto de trabalho;
2. Separar os objectos necessários daqueles que não o são;
3. Eliminar os objectos inúteis.

As duas actividades *SEIRI* e *SEISO* conduzem à organização do posto de trabalho, que verá assim aumentada a sua funcionalidade. O *SEITON* consiste em estudar o posto de trabalho a fim de melhorar a sua ergonomia posicionando de tal forma os objectos de modo a que estejam imediatamente disponíveis no momento em que são necessários. O conjunto das actividades *SEIRI*, *SEISO* e *SEITON* enquadram-se no *SEIKETSU* – Asseio. A manutenção desse asseio é conseguida graças ao *SHITSUKE* – Formação Moral, que tem como objectivo a aplicação das decisões tomadas e a melhoria contínua.

6.5. MÉTODO SMED – Melhoria dos Tempos de Mudança de Série

SMED significa *Single Minute Exchange of Die* que pode traduzir-se por “Um Minuto (de) Mudança (de) Ferramenta. Este método tem como objectivo a redução dos tempos de mudança de série aplicando uma

metodologia de reflexão progressiva que vai desde a organização do posto de trabalho até à sua automatização.

Um grupo de trabalho *SMED* decompõe-se em 5 fases:

1. OBSERVAR
2. ORGANIZAR
3. COLOCAR
4. MELHORAR
5. NORMALIZAR

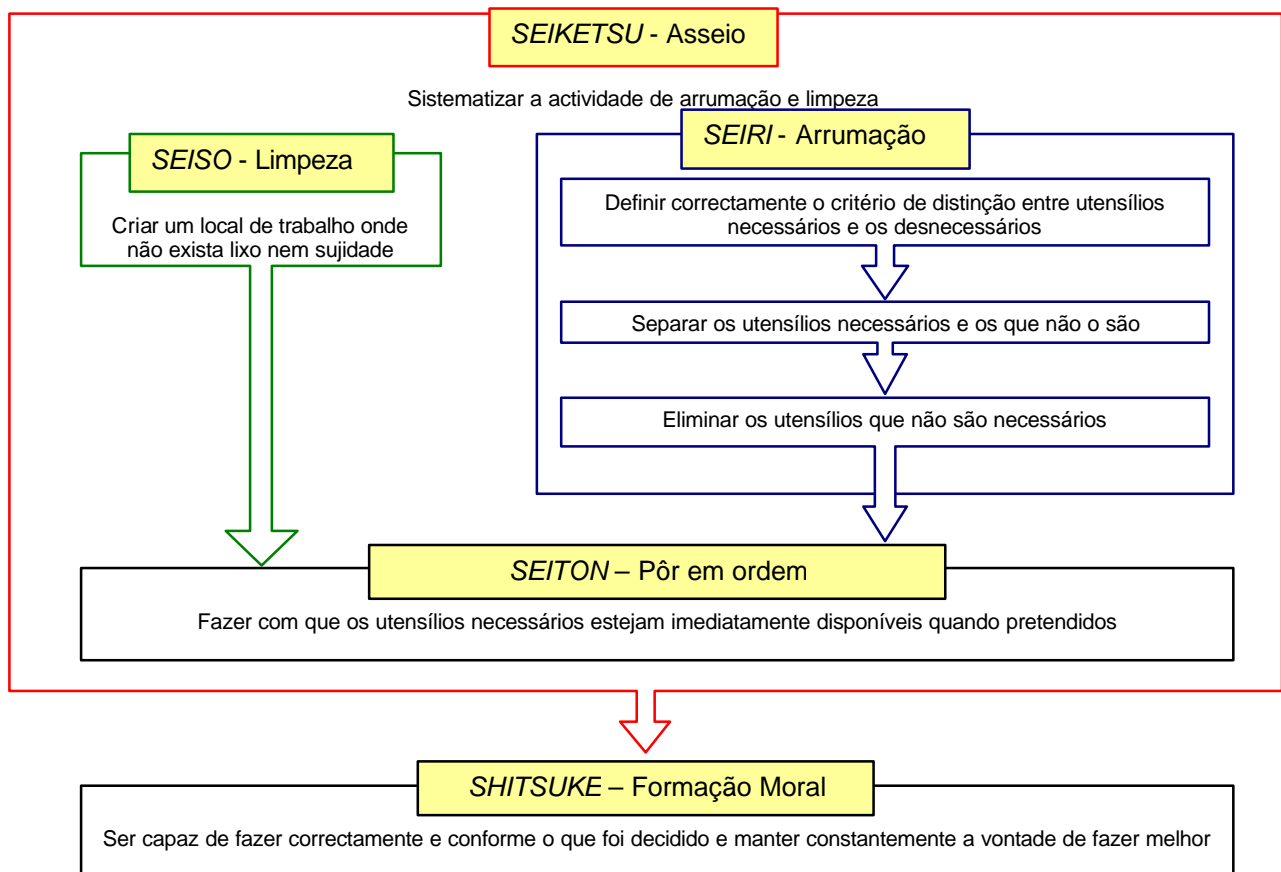


Figura 6.7. – Procedimento a seguir para implementar a política dos 5 "S".

Primeira fase – OBSERVAR

▪ OBSERVAR

Deve-se utilizar uma máquina de filmar para registar uma mudança de ferramentas pelo pessoal envolvido. Para realizar este filme, é importante respeitar os pontos a seguir mencionados:

- Informar claramente todos os recursos humanos envolvidos (quadros, operadores, afinadores, ...) dos objectivos e das modalidades desta operação.
- Não hesitar em observar 1 ou 2 mudanças de série para realizar um bom filme. Se forem vários operadores a participar nesta mudança, será possível realizar vários filmes que permitem seguir cada um dos participantes (durante a mesma mudança).

- Limitar o campo da máquina de filmar à zona envolvida (coloca em evidência os períodos onde não sucede nada na máquina).
- Utilizar os sistemas de contagem da máquina de filmar.

É imperativo realizar este filme antes da primeira reunião de trabalho.

▪ **DECOMPOR A MUDANÇA DE SÉRIE**

Num segundo passo deveremos decompor todas as operações efectuadas e cronometrar a soma dos tempos de paragem de produção (para isso deveremos avaliar a duração de cada operação). Aconcelha-se a:

- Visionar o filme por sequências,
- Analisar todas as acções de cada interveniente após cada sequência,
- Listar todas as operações num formulário.

Não se deve esquecer a medição do tempo de cada operação, com a ajuda do relógio da máquina de filmar, o que permite, a seguir, analisar as sequências da mudança que implica em maiores perdas de tempo e, por conseguinte, ajudará a trabalhar por prioridades.

Segunda fase – ORGANIZAR

▪ **SEPARAR AS OPERAÇÕES INTERNAS EM EXTERNAS**

Voltando ao desenvolvimento da mudança de fabricação precedentemente definida, classifique as operações segundo duas categorias:

- **Operações internas:** são aquelas que só podem ser efectuadas com a máquina parada,
- **Operações externas:** são aquelas cuja execução não necessita de paragem da máquina. Entram nesta categoria todas as operações de preparação de material, das ferramentas, e de movimentação, que são frequentemente fontes de acasos.

Para cada operação, é preciso questionar se o respectivo pedido não pode ser realizado externamente, ou seja, quando a máquina está ainda a produzir (antes ou após a mudança de fabricação), e isto sem modificações técnicas notáveis. Se tal é o caso, a operação será dita externa, mesmo se se justificar a paragem da máquina.

▪ **REALIZAR UMA CHECK-LIST DE PREPARAÇÃO**

Após esta primeira classificação, procurar-se-á efectuar com a máquina em funcionamento todas as operações externas. Para isso deve-se fazer uma *check-list* de preparação, que inclua:

- Material necessário para mudança de fabricação,
- Verificação preliminar da sua disponibilidade e do seu estado,
- Ensaio em funções com risco,
- Transporte de ferramentas ao lado da máquina antes do início da mudança,
- Outras operações (pré-aquecimentos, ...).

Esta *check-list* deve tomar em conta todas as operações que podem ser realizadas quando o equipamento está ainda em funcionamento de maneira a reduzir o tempo de mudança de série.

Convém ter cuidado particular com a preparação da mudança de fabricação, na medida em que constitui uma fase importante na redução dos tempos de paragem da máquina:

- Agrupar ao lado da máquina todos os elementos necessários à mudança,
- Reduzir o número de ferramentas e meios diversos cuja procura é muitas vezes fonte de atrasos,
- Prever a manutenção dos elementos que sejam necessários durante a intervenção de mudança de série.

▪ DEFINIR UM MODO OPERATÓRIO

É necessário definir um modo operatório preciso das operações internas antes de efectuar melhorias técnicas. Para isso deveremos retomar a lista estabelecida anteriormente e organizá-la em função dos seguintes pontos:

- Equilibrar a carga de trabalho entre os diferentes operadores efectuando a mudança de fabricação (sincronização de tarefas),
- Equilibrar as competências necessárias para sincronizar melhor as tarefas,
- Pensar na hipótese de acrescentar pessoal durante a mudança de ferramenta se a configuração do equipamento impõe numerosas deslocações.

A *check-list* e o modo operatório devem ser validados no terreno pelos operadores, que, por sua vez, podem melhorá-los. Em seguida, as modificações técnicas poderão levar a uma alteração da *check-list* e do modo operatório de mudança de série.

Aconselha-se realizar *check-list* ou modos operatórios facilmente utilizáveis pelos operadores, e utilizar o menos possível os suportes papel (preferir, por exemplo esquemas explicativos colocados directamente no local de manipulação e utilizar os códigos de cor).

Terceira fase – COLOCAR

▪ COMUNICAR

Se não for possível a participação de todos os funcionários no grupo de trabalho de *SMED*, convém:

- Informar o pessoal do objectivo da empresa na sua zona de produção,
- Colocar num quadro de comunicação a evolução dos trabalhos do grupo,
- Fazer com que todos os funcionários participem no progresso, reunir por exemplo a equipa e restantes funcionários deste equipamento no final de uma mudança de série para discutir os problemas encontrados,
- Saber reconhecer e felicitar o progresso dos operadores nas mudanças de fabricação.

▪ PRATICAR

Desde a aplicação da *check-list* e do modo operatório, será necessário:

- Praticar e aplicar o modo operatório logo que seja possível afim de formar o pessoal,
- Validar e modificar eventualmente a *check-list* e o modo operatório com todos os operadores,
- Seguir o progresso com indicadores num quadro de comunicação (vigia dos tempos de mudança de série).

Quarta fase – MELHORAR

▪ PESQUISA DAS SOLUÇÕES

Retomar a lista de todas as operações de mudança de fabricação e para cada uma das operações colocar as seguintes questões:

- Poderá ser suprimida?
- Poderá ser transformada em operação externa?
- Poderá ser reduzida?

Nesta fase de melhoria, não se deve esquecer de otimizar as operações que anteriormente foram classificadas como externas.

▪ EIXOS DE PESQUISA

Esta fase poderá necessitar de estudos aprofundados, tais como:

- **Sincronização de tarefas:** é uma solução que consiste em efectuar a mudança de fabricação por várias pessoas
 - Quando permite limitar as deslocações à volta da máquina,
 - Quando a mudança de série necessita intervenções em equipamentos independentes.
- **Estandarização das funções:** a estandarização das cotas de posicionamento e de fixação evita ter que adaptar à cada vez a ferramenta à máquina. Não se deverá procurar soluções globais, devemos ensaiar primeiro a estandarização de funções: o aperto, a centragem, os meios de levantar, os meios de extração.
- **Supressão das afinações:** Convém eliminar as afinações e evitar as aproximações às cegas (perdas de tempo)
 - Pré-afinação em zona externa usando elementos amovíveis ou suportes intermediários,
 - Utilização de *gabarits*, calibradores ou estribos específicos em cada série,
 - Utilização de marcas no caso da precisão o permitir,
 - Utilização de contactos pré-posicionados para a afinação de elementos móveis.
- **Racionalização dos meios:** Consiste na pesquisa dos meios mais adequados para a função desejada.

- **Meios de movimentação:** utilização de carros com nível duplo ou com sistema de puxa-empurra para os movimentos das ferramentas, colocação de engates rápidos, uso de corrediças de rolos para posicionamento dos moldes, etc.,
- **Meios de aperto:** apertos de quarto de círculo, etc.

▪ **APLICAÇÃO**

Na aplicação das ideias, aconselha-se a agir em dois tempos:

- A colocação de soluções aplicáveis de imediato (que apenas necessitam de poucos meios),
- A realização de um plano de acções a médio prazo, que abranja as acções necessitando investimentos (ou prazos) e a aprovação da hierarquia.

Esta atitude terá como consequência privilegiar as melhorias simples, cuja realização é imediata e por vezes realizável pelos próprios operadores, aconselhando-se assim a validar as melhorias no terreno antes de se adoptarem medidas para soluções técnica e financeiramente pesadas. Deverá ter-se em atenção que nem todas as propostas poderão ser realizadas, dependendo esse facto de critérios tais como a vida das ferramentas, a rentabilidade do investimento, etc.

Quinta fase – NORMALIZAR

▪ **NORMALIZAÇÃO**

A melhoria contínua só permite obter performances a longo prazo se os padrões forem em permanência reactualizados. Em consequência:

- Após as melhorias realizadas, deveremos re-adaptar se necessário, o *check-list*,
- Não esquecer de pôr em dia os padrões para as ferramentas novas.

▪ **CAPITALIZAÇÃO**

Cada vez que uma ideia de melhoria tem sucesso, convém avaliar se essa ideia pode ser aplicada noutros sectores. Em particular:

- Se o novo modo operatório é eficaz num equipamento, deveremos procurar um método que permita estender esta organização aos outros equipamentos vizinhos, porque o seu impacto na motivação e na formação dos operadores é importante.
- Os grupos de trabalho *SMED* devem ser também a ocasião de permitir a standardização inter-fábrica, para gamas de produtos idênticas.

6.5.1. Os Impactos do SMED

Os impactos do *SMED* são múltiplos e afectam não só a zona envolvida, mas também toda a unidade de produção:

- **No ambiente global**
 - Uma melhoria da segurança global,
 - Um ambiente mais agradável para todos.

- **Nos funcionários**
 - Um melhor ambiente,
 - Uma redução do nível de cansaço,
 - Uma mudança de mentalidades.

- **Nas instalações**
 - Uma melhor utilização dos tempos de utilização das máquinas,
 - Uma redução das micro paragens e das avarias,
 - Uma melhor visibilidade das mudanças de série.

- **Nas performances**
 - A redução drástica de *stocks*,
 - A flexibilização das ferramentas de produção,
 - O aumento de reactividade.

7. OS CUSTOS DA MANUTENÇÃO

Os verdadeiros custos da manutenção, isto é, os que exprimem realmente o seu desempenho, não são apenas os custos directos, havendo que contabilizar os custos indirectos, que levam em linha de conta também as consequências da manutenção. Alguns destes últimos são difíceis, se não impossíveis, de determinar, porque pressupõem uma resposta quantificada a uma pergunta do tipo “...o que aconteceria se.....”. Quando, à frente do “se”, estiverem questões de segurança, a procura dos custos reveste-se de um carácter quase só académico. Quando estiverem possibilidades de agressões ao ambiente ou quando está em questão a imagem da empresa, a sua qualidade, o respeito por prazos, etc, tende-se a orientar a gestão da manutenção mais por considerações de ordem técnica e de bom senso comum, do que de exercícios académicos de quantificação de “se’s”. Porém, ainda não se descobriu uma unidade de medida para a quantificação deste tipo de custos. Convém reter a imagem gráfica do *iceberg* dos custos verdadeiros da manutenção, em que a ponta visível representa apenas os custos contabilísticos, enquanto que a parte imersa (quatro vezes superior) representa todos os outros custos que não são facilmente quantificáveis.

Desta forma, têm-se então os seguintes custos associados à Função Manutenção:

- **Custos Directos:** Mão de obra, materiais, serviços, instalações e oficinas de manutenção,
- **Custos Indirectos:** Produtividade, produto não conforme, acidentes pessoais, custos de poluição, baixos índices de qualidade, negligências, moral, incumprimentos dos prazos. Saliente-se que esta parcela dos custos poderá ser significativa, na medida em que, quando a manutenção é deficiente, as paragens de produção poderão ser devastadoras.

8. GESTÃO DE STOCKS

Durante as intervenções de manutenção, planeada ou não planeada, verifica-se sempre a necessidade de substituir diversos componentes dos equipamentos.

No caso de intervenções de manutenção planeada, os componentes a substituir devido ao desgaste ou fadiga encontram-se previamente definidos, já no caso de intervenções não planeadas, os componentes a substituir não são conhecidos, uma vez que só após o diagnóstico se obtém essa informação. Tanto numa situação como na outra os componentes deverão estar disponíveis em armazém para evitar indisponibilidade do equipamento. Assim sendo, o êxito de um programa de manutenção depende muitas vezes da existência em *stock* de peças e materiais e sobresselentes de substituição. O principal problema coloca-se em situações de paragens acidentais onde a indisponibilidade de um determinado componente pode pôr em risco elevadas perdas de produção, por isso é vital assegurar uma boa gestão de *stocks*.

A manutenção deverá gerir três itens de natureza distintos:

- **Materiais de consumo corrente** – São o conjunto de bens de utilização corrente que são consumidos normalmente. São exemplos os óleos, massa lubrificantes, parafusos, braçadeiras, tubos, acessórios diversos, condutores eléctricos, correntes, etc.
- **Peças de substituição** – São, por exemplo, os *o-rings*, rolamentos, casquilhos, fieiras, vedantes, rodas dentadas, correias, etc.
- **Sobresselentes** – São, por exemplo, os motores hidráulicos e eléctricos, cabeças rotativa de corte, cilindros pneumáticos, caixas reductoras, autómatos, cabeças de chanfre.

O sistema de gestão de *stocks* funciona com um *stock* máximo e um *stock* mínimo que podem ser determinados através da experiência ou da intuição previsional. Estes funcionam da seguinte forma: sempre que uma determinada referência existente em *stock* chega ao ponto mínimo (ponto de encomenda) é accionado um pedido de encomenda com a quantidade necessária para se restabelecer o nível máximo. Este sistema poderá ser conseguido através de entradas e saídas de um simples programa de computador ou então realizado manualmente através de um “duplo armazém”, isto é, existe uma determinada repartição onde estão armazenados os *stocks* (com a quantidade *stock* máximo – *stock* mínimo) e existe outra repartição onde apenas existem as quantidades do *stock* mínimo, de forma a que, quando no primeiro armazém a referência esgota, o funcionário terá que se deslocar a outra zona para utilizar componentes associados ao *stock* mínimo. Saliente-se que, ao efectuar este procedimento, automaticamente deverá accionar uma encomenda para reestabelecer o *stock* máximo.

9. INDICADORES DE DESEMPENHO

Um indicador de desempenho é um dado quantificado que mede a eficácia de todo ou parte de um sistema relativamente a um objectivo que deverá ser determinado e aceite no quadro de uma estratégia global, sendo por isso necessário mobilizar e motivar os recursos humanos da empresa para que se sintam envolvidos e, desta forma, para que o seguimento e análise dos indicadores possam ser bem sucedidos. A

existência de indicadores justifica-se como uma ferramenta de controlo e avaliação de melhorias progressivas, para tal é indispensável definir para cada indicador uma especificação, um modo de cálculo, uma unidade de medida, uma periodicidade de controlo, assim como uma base de referência (para saber de onde partimos) e um objectivo (para saber onde queremos chegar). Existem muitos indicadores que poderão ser úteis à manutenção, como se poderá ver de seguida. Contudo, um número excessivo de indicadores ou rácios também poderá ser prejudicial, pois poder-se-á cair na tentação de trabalhar em muitas frentes em simultâneo, o que não é conveniente, pois ir-se-á dispersar os recursos disponíveis. Na nossa opinião, deverá avaliar-se o desempenho da Função Manutenção através dos seguintes indicadores, que englobam em si toda a informação necessária e pertinente:

$$MTBF = \frac{\sum \text{Tempos de Funcionamento}}{N^{\circ} \text{ Paragens para Manutenção}}$$

$$MTTR = \frac{\sum \text{Tempos de Reparação}}{N^{\circ} \text{ Paragens para Manutenção}}$$

$$\text{Disponibilidade} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$$

$$\text{Rácio de sub-contratação} = \frac{\text{Valor gasto em subcontratação}}{\text{Custo total da manutenção}}$$

$$\text{Rácio de manutenção preventiva} = \frac{\text{Total das horas de paragem devido à manutenção preventiva}}{\text{Total das horas de paragem devido a qualquer tipo de manutenção}}$$

$$\text{Rácio de trabalho extraordinário} = \frac{\text{Custo total das horas extraordinárias da manutenção}}{\text{Custo total do pessoal da manutenção}}$$

$$\text{Rácio manutenção/produção} = \frac{\text{Custo total da manutenção}}{\text{Volume de produção}}$$

$$\text{Rácio do custo da manutenção} = \frac{\text{Valor do custo total da manutenção}}{\text{Valor total das vendas}}$$

$$\text{Rácio da segurança} = \frac{\text{Número de horas perdidas por acidentes de trabalho}}{\text{Número total de horas disponíveis da manutenção}}$$

Na prática, devem-se definir os mais importantes, estabelecer os objectivos a serem alcançados, fazer uma ampla divulgação para toda a estrutura, evidenciá-los num quadro de bordo visível a todos os funcionários, mantendo os recursos humanos actualizados com os valores mais recentes e com as medidas correctivas que foram aplicadas.

PARTE II

CASO PRÁTICO

10. CARACTERIZAÇÃO E HISTÓRIA DA EMPRESA

Wolverine Tube, Inc. é uma empresa de capitais privados Americanos que iniciou a sua actividade em Detroit no ano de 1916.

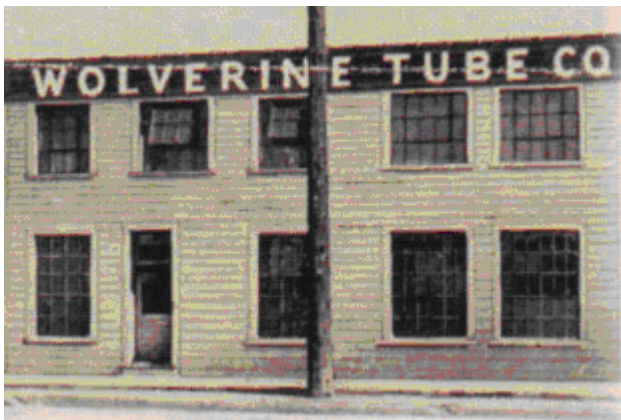


Figura 10.1. – Aspecto geral da primeira instalação fabril da Wolverine.

Naquela data, a *Wolverine* era uma pequena fábrica de 600 m² que se dedicava apenas à produção e comercialização de pequenos componentes de cobre e de latão para a indústria automóvel, mas o forte crescimento desta indústria nessa época, devido à 1ª Guerra Mundial e à intensa actividade na construção de veículos automóveis para serem vendidos aos países aliados, permitiu a sua expansão e diversificação de negócios.

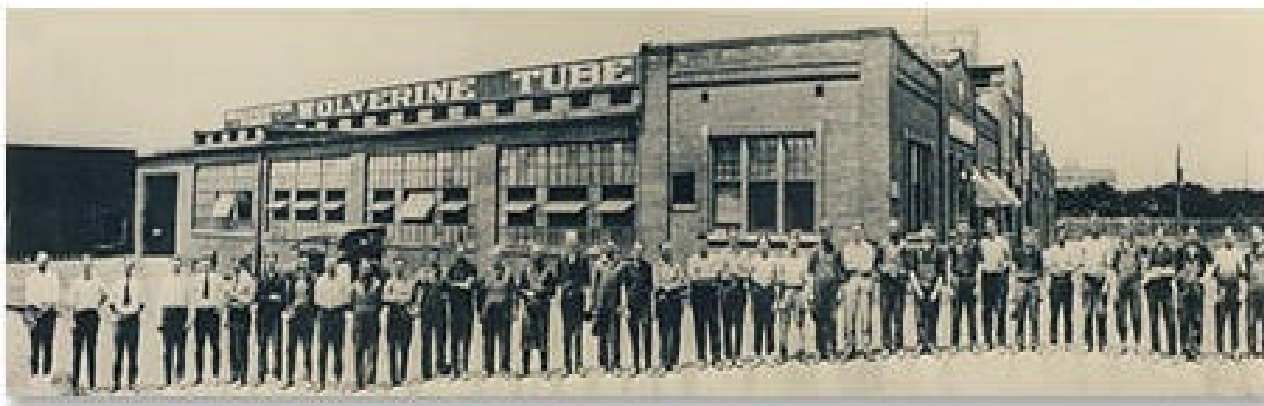


Figura 10.2. – Vista geral da segunda fábrica da Wolverine.

Esta fase de crescimento continuou, até que, nos finais dos anos 30 do século passado, a *Wolverine* adquiriu uma propriedade com 25 hectares e construiu uma unidade industrial com área coberta de 22 hectares para fazer face as necessidades de não depender de fornecedores intermedios e desta forma também teve a oportunidade de diversificar o seu negócio e começou a especializar-se na área de produção de tubos de várias ligas metálicas para a indústria de refrigeração.

Passados alguns anos, deflagrou a 2ª Guerra Mundial, e novamente existiu um forte desenvolvimento da economia americana, o que teve como consequência uma nova expansão da *Wolverine*, desta vez com a

abertura de mais uma fábrica em *Decatur*, estado de *Alabama* constituída por 6 enormes edifícios implantados num terreno com uma área de 1007 hectares.

Também em *Decatur*, para fazer face aos competidores, preservar e conservar o bom nome e a liderança do mercado, em 1998, foi construído o novo centro de pesquisa e desenvolvimento.



Figura 10.3. – Centro de pesquisa e desenvolvimento.

Esta fase de expansão continuou dentro dos E.U.A., até que, em 1997, se deu a construção da primeira fábrica fora do território Americano, construída em Shanghai, na China e, 3 anos mais tarde, foi construída a fábrica em **Esposende, Portugal**, e, passados mais 3 anos, foi inaugurada outra nova fábrica em Guadalupe, no México.

Actualmente a *Wolverine* emprega 3500 funcionários e está presente nos seguintes assinalados no mapa-mundi da figura 10.4.



Figura 10.4. – Países onde a *Wolverine* está presente.

Fabricas, Marketing e Vendas :

- *Altoona, PA*
- *Ardmore, TN*
- *Carrollton, TX*
- *Esposende, Portugal*
- *Altoona, PA*
- *Apeldoorn, The Netherlands*
- *Carrollton, TX*
- *London, Ontario*
- *Shanghai, China*
- *Warwick, RI*
- *Guadalupe, Mexico*
- *Decatur, AL*
- *London, Ontario*
- *Warwick, RI*

Sede:

- *Huntsville, AL*

Deixando para trás o Grupo *Wolverine*, foquemo-nos numa das suas fábricas, que consiste no âmbito deste trabalho – **WOLVERINE Tubagem (Portugal), Lda.**, estando esta fábrica situada na zona norte de Portugal e sendo a unidade fabril de menor dimensão do Grupo, encontrando-se implantada num terreno com uma área total de 1,2 hectares e com uma área coberta de 3500 m².



Figura 10.5. – *Wolverine Tubagem (Portugal), Lda.*

Actualmente emprega 54 funcionários, labora 5 dias por semana em 3 turnos fixos e tem uma facturação anual de cerca de 20 milhões de Euros. De notar que o nº de funcionários tem diminuindo à medida que os processos se vão tornando mais produtivos e fiáveis, o que faz com que os vários índices de Produtividade, Fiabilidade, Segurança e Qualidade têm melhorando continuamente.

Passamos a enunciar alguns dos Indicadores que são seguidos mensalmente numa reunião do GDQ (**Grupo Dinamizador da Qualidade**):

- Cumprimento dos prazos de entrega
- Margem de lucro por cada kg produzido
- Taxa de aproveitamento
- Consumo de ferramentas por kg produzido
- Kg produzidos por hora máquina
- Custo do transporte por kg vendido
- Custo da embalagem por kg produzido
- Eiciência da brasagem
- Eiciência de tubos alhetados
- CEEP – Consumo de energia eléctrica por kg produzido
- CAIPP – Consumo de água industrial por kg produzido
- CAT – Consumo de água por trabalhador
- DEPP – Descarga de efluente por kg produzido
- Nº acidentes de trabalho
- Índice gravidade dos acidentes de trabalho
- Índice frequencia dos acidentes de trabalho
- Tempo de resposta a não conformidades

Por trás de todos estes indicadores existem planos de acção (**QOS – “Quality Operational System”**) que evidencia medidas correctivas para que se procure assegurar continuamente que os objectivos possam ser cumpridos e no caso de estes não o serem, quais são as medidas correctivas que deverão ser implementadas, quais os funcionários responsáveis pela sua implementação, pelo seu seguimento e quais os prazos estipulados para se chegar a algum resultado. Poderemos visualizar em seguida em que consta um **QOS**, constatando-se assim que um quadro QOS mais não é que um ciclo *PDCA*, já anteriormente abordado.

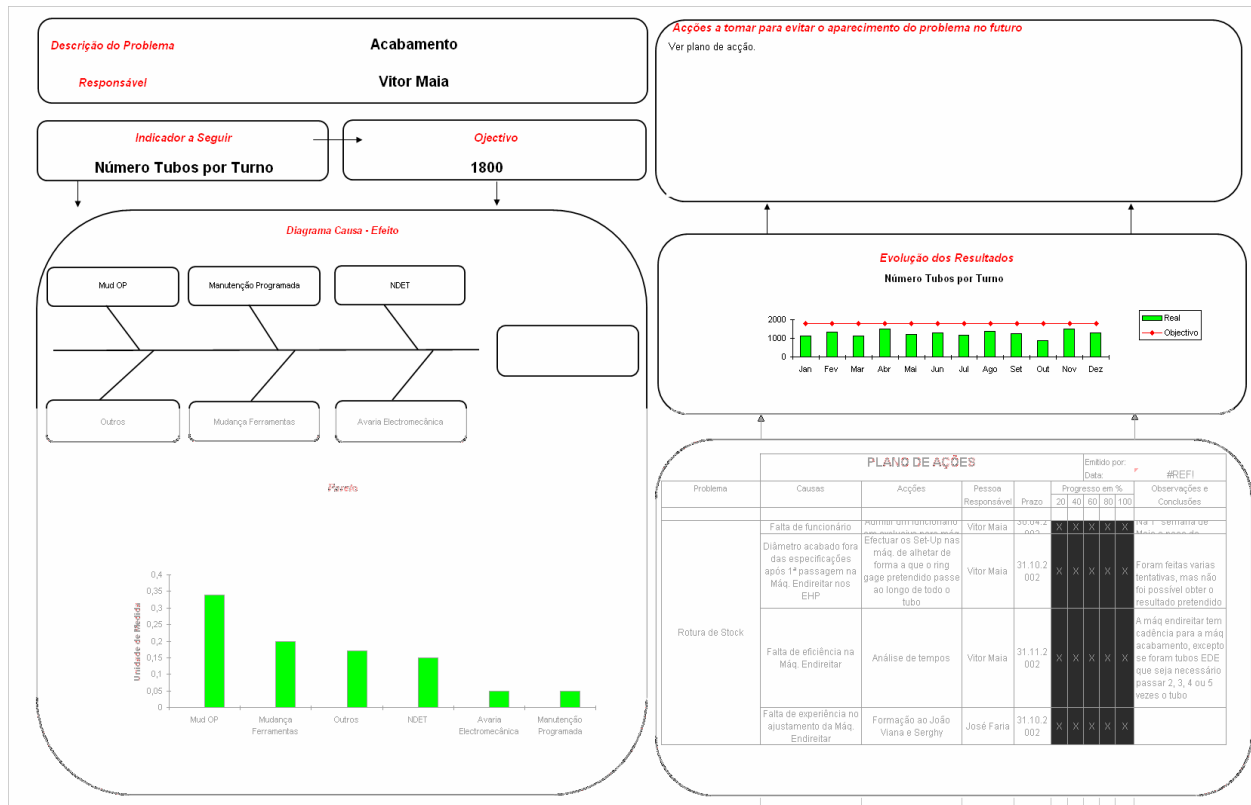


Figura 10.6. – Quadro QOS.

Conforme se pode constatar, todos os indicadores, embora tenham o Departamento de Manutenção como cobertura, estão mais directamente relacionados com a Produção, daí a necessidade de se ter realizado esta dissertação sobre a evolução da manutenção neste meio fabril, o que nos obrigou a reflectir sobre os tipos e as práticas de manutenção existentes, as suas características e as que mais se adequarão à nossa realidade.

Sabe-se que a manutenção é um factor indissociável da qualidade, cujo controlo se situa, cada vez mais, a montante do produto final, isto é, ao nível do equipamento que o produz. Como é sabido, não existe garantia de qualidade nas empresas sem um bom apoio da manutenção, passando a certificação da qualidade obrigatoriamente por uma auditoria ao sistema de manutenção.

Desde a fase de construção desta unidade fabril, foi tido como prioritário a certificação segundo as normas ISO 9001, ISO 14001 e EMAS, que passaremos em seguida a descrever, através de uma breve explicação.

Certificação ISO 9001 – Esta norma especifica quais os requisitos para um sistema de gestão de qualidade, que as organizações e instituições deverão respeitar:

- a) Necessitam demonstrar a sua aptidão para, de forma consistente, proporcionar produtos e/ou serviços que vão ao encontro dos requisitos do cliente,
- b) Visa aumentar a satisfação do cliente através da aplicação de processos de melhoria contínua para garantir a conformidade com os requisitos do cliente e regulamentações aplicáveis. Esta norma está baseada em 8 princípios de gestão da qualidade:
 - Focalização no cliente,
 - Liderança,
 - Envolvimento das pessoas,
 - Abordagem por processos,
 - Abordagem à gestão através de um Sistema Gestão da Qualidade (SGQ),
 - Melhoria contínua,
 - Abordagem à tomada de decisões baseada em factos,
 - Relações mutuamente benéficas com fornecedores.

Certificação ISO 14001 – Os requisitos definidos nesta norma possibilitam a implementação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA), considerando, para além das exigências legais, outras neste âmbito, que sejam subscritas pela organização. Este sistema visa promover a melhoria contínua do desempenho ambiental das organizações, através da definição das orientações necessárias à criação e implementação de ferramentas de gestão para identificação dos aspectos ambientais significativos e controlo dos respectivos impactos, prevenção da poluição e melhoria contínua. Como principais benefícios da implementação do sistema de gestão ambiental destacamos:

- A redução de consumos de matéria prima e de energia,
- A redução de resíduos e reutilização de recursos,
- A melhoria de controlo de custos e sua redução,
- Desenvolvimento e partilha de soluções ambientais,
- A redução dos custos relacionados com o cumprimento dos requisitos legais,
- A melhoria contínua do desempenho ambiental.

Adicionalmente, a certificação do sistema poderá contribuir para:

- Demonstrar publicamente o compromisso relativo à gestão ambiental,
- Melhorar a imagem, notoriedade e aceitação no mercado real e potencial.

Certificação EMAS – É o sistema comunitário de Ecogestão e Auditoria (*Eco Management and Audit Scheme*), sendo aplicável a todas as organizações interessadas em melhorar o seu desempenho ambiental. É um sistema voluntário que possibilita a uma organização evidenciar, perante terceiros e de acordo com os respectivos referenciais, a credibilidade do seu sistema de gestão ambiental e do seu desempenho ambiental. Deste modo, o *EMAS* é estabelecido numa organização visando a avaliação e melhoria do desempenho ambiental das organizações e o fornecimento de informação relevante ao público e outras partes interessadas, em termos de prestação ambiental e de comunicação da mesma.

11. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

Na década de 90 do século passado, devido à legislação ambiental e à proibição de utilização de certos gases refrigerantes prejudiciais ao meio ambiente, foi necessário desenvolver uma forma capaz de, utilizando outros gases com menores “performances”, se conseguir obter o mesmo desempenho térmico nas máquinas. Para isso, foi necessário trabalhar na superfície interna e externa dos tubos de forma a aumentar a transferência de calor nessas superfícies, a turbulência nas velocidades de escoamento, e os fenómenos de ebulição na superfície externa. Como consequência, a *Wolverine* foi pioneira no desenvolvimento de tubos alhetados com ou sem estrias no seu interior.

O processo produtivo da Wolverine Tubagem (Portugal) divide-se nas seguintes áreas de produtivas: **Tubos Alhetados, Tubos DX, Brasagem.**

Seguidamente, descrevem-se de uma forma sintética, todos os processos produtivos e os equipamentos a eles associados:

11.1. TUBOS ALHETADOS

Este tipo de tubo é caracterizado pela existência de estrias internas e alhetas que revestem a superfície externa dos tubos com geometria adaptada ao fenómeno físico que lhe está associado, ebulição ou condensação. Nesta gama de produtos, o fluído usado para a transferência de calor muda de fase na superfície externa dos tubos.

Este tipo de tubo é conseguido através da compressão de três ou quatro conjuntos de ferramentas, constituídas por uma certa sequência de discos que trabalha na superfície externa do tubo e de um mandril que trabalha na superfície interna. Existem dezenas de configurações internas e externas, tudo dependendo do tipo de rendimento e do trabalho para o qual o tubo foi projectado.

Estes tubos podem ser fornecidos com comprimentos compreendidos entre 0,5 mts e 12,6 mts, podendo existir zonas sem alhetas e sem estrias (espelhos) ao longo do respectivo comprimento. A localização destes espelhos, as dimensões do comprimento dos topos, e os respectivos diâmetros internos e externos são produzidas de acordo com as necessidades especificadas pelos clientes.

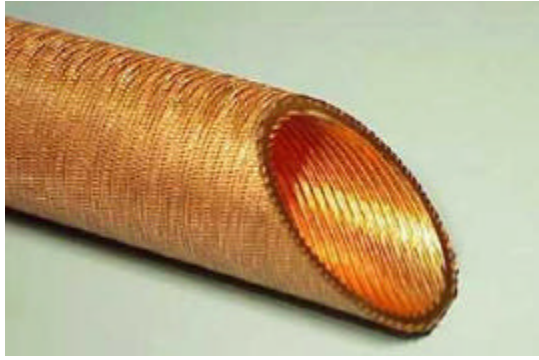


Figura 11.1. – Exemplo de um tubo de condensação.



Figura. 11.2. – Exemplo de um tubo de ebulição.

Este processo compreende as diversas etapas discriminadas no fluxograma exposto na figura 11.3.

11.1.1. Máquina de Corte e Endireitar

É uma máquina de origem americana, exposta na figura 11.4, tendo sido adaptada para o tipo de necessidades da nossa unidade fabril. Este equipamento consiste em dois cilindros pneumáticos que vão alternadamente puxando o tubo proveniente de uma bobina, e fazem-no de seguida passar por um conjunto de 10 roletes dispostos verticalmente e 8 roletes dispostos horizontalmente, para endireitar e ajustar o tubo para o diâmetro externo e interno pretendidos. Após ter o dimensionamento necessário para o “Kanban”, que está a ser produzido, efectua-se o corte, repetindo-se a operação até completar-se o número de tubos necessários, número esse previamente definido em função das encomendas a satisfazer.

De notar que este equipamento trabalha 24 horas por dia e abastece as 10 máquinas de alhetar com a matéria prima necessária para a produção de tubos de cobre e de cobre-níquel de vários diâmetros, sendo considerada portanto uma máquina com um *grau de criticidade 1*, ou seja, fundamental para o bom desempenho da Função Produção e, conseqüentemente, para a optimização da eficiência dos activos. Ou seja, uma paragem intempestiva causaria perdas elevadas devido à paragem da produção, isto é, contribuiria para um aumento significativo dos custos indirectos associados à Função Manutenção.

Por conseguinte, este exemplo permite realçar o quão importante representam a definição e a atribuição dos índices de criticidade aos diversos equipamentos produtivos, na medida em que esses índices numéricos são essenciais para a definição das políticas de manutenção mais aconselháveis, de modo a reduzir exactamente os custos indirectos.

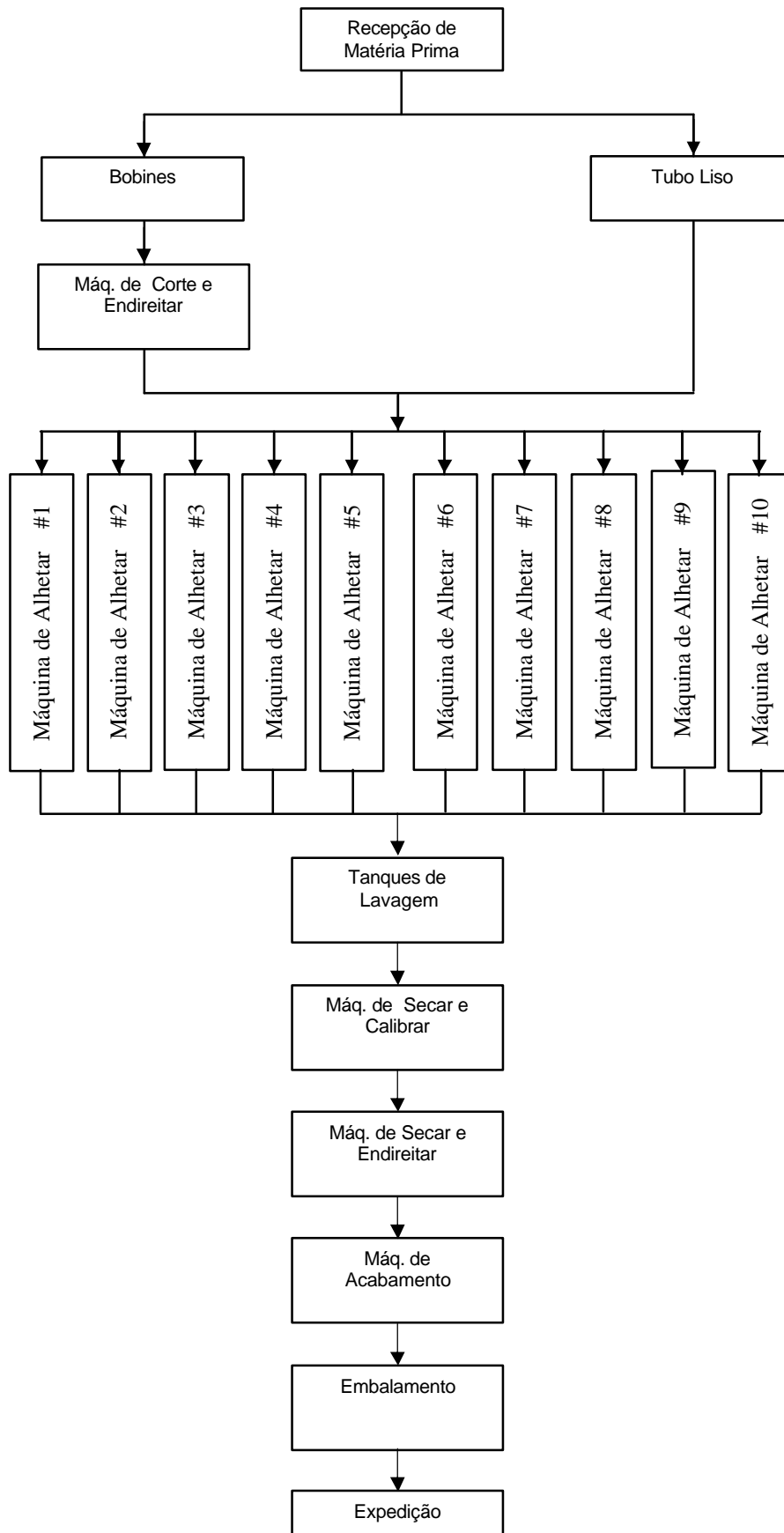


Figura 11.3. – Etapas do processo de fabricação.

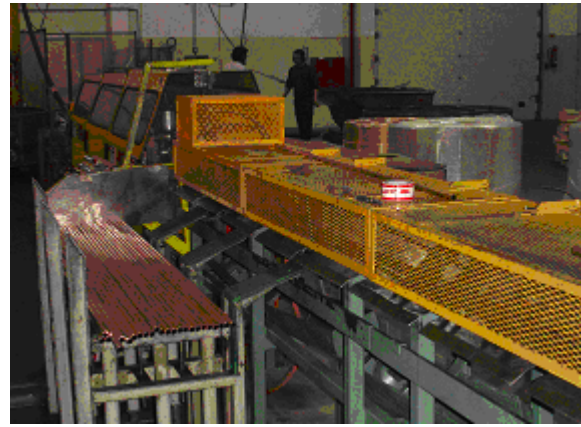


Figura 11.4. – Máquina de Corte e Endireitar.

11.1.2. Máquina de Alhetar

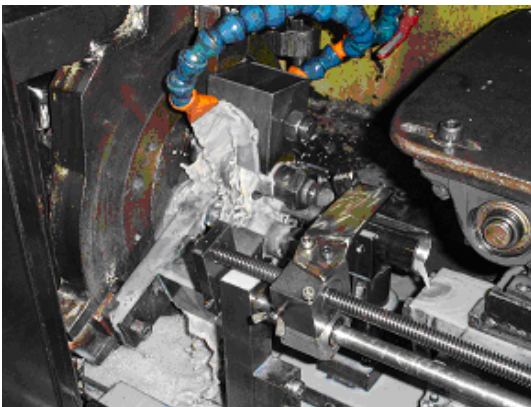


Figura 11.5. – Máquina de Alhetar.

Devido a singularidade deste ramo de negócios, não existem equipamentos destes no mercado, sendo assim estas máquinas projectadas e produzidas exclusivamente na *Wolverine Tube, Inc.*, existindo 10 unidades nas nossas instalações. Tal como o nome pressupõe, são utilizadas para produzirem as diversas alhetas e estrias nos tubos das diferentes ligas metálicas e diâmetros.

Após a alimentação manual do tubo, tem início a operação de maquinação, iniciando a máquina o processo do fecho da cabeça, que é comandado por um cilindro pneumático e por um amortecedor hidráulico que vai pressionar o conjunto de ferramentas contra as paredes internas e externas do tubo, fazendo com que, através da compressão exercida por essas ferramentas, as alhetas e as estrias se comecem a formar para a dimensão que for pretendida.

Nestas máquinas está instalado um automáto *Allen Bradley* e um variador de frequência, que vão comandando a abertura e o fecho da cabeça, assim como a velocidade de rotação, a lavagem externa, e a dimensão dos espelhos, conforme as dimensões lineares que são pretendidas. Após alhetar o tubo, o autómato, através de um sistema de “*Run-Out*” expulsa o tubo e inicia novamente outro ciclo.

11.1.3. Tanques de Lavagem



Figura 11.6. – *Tanques de Lavagem.*

Consiste em dois tanques de água com aproximadamente 2000 litros de água cada. Uma primeira lavagem é feita num tanque à temperatura ambiente e a segunda lavagem é feita à temperatura de 48-50°C onde é aberta uma válvula temporizada de passagem de ar comprimido para que proporcione uma agitação na água para que mais facilmente seja retirado o lubrificante da superfície externa dos tubos. Em ambos os tanques existe um sistema de leitura que monitoriza se a quantidade de água é suficiente e no tanque de água quente acrescentou-se um sistema que monitoriza a temperatura da água. Caso a temperatura seja insuficiente, será accionado o sistema de aquecimento e, no caso deste não conseguir repôr a temperatura e esta descer abaixo dos 45 °C, é accionado um alarme de proibição de lavagem de tubos.

11.1.4. Máquina de Secar e Calibrar

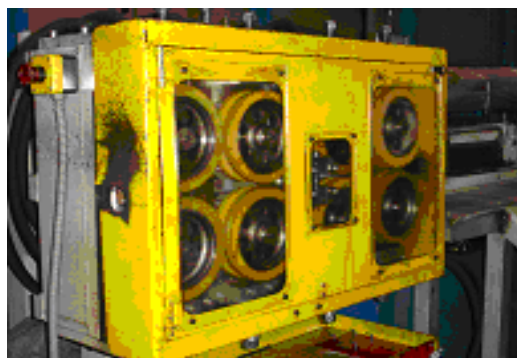


Figura 11.7. – *Máquina de Calibrar.*

É uma máquina desenvolvida na *Wolverine* e que consiste num conjunto de 8 rodas motrizes dispostas verticalmente e dimensionadas para o diâmetro dos tubos a produzir. A velocidade de rotação desejada é proveniente de um conjunto de 8 motores hidráulicos alimentados através de uma central hidráulica. As rodas através do contacto com o tubo vão o traccionar e fazê-lo passar através de um conjunto de anéis

dimensionados para o diâmetro que se pretende. À esta máquina está acoplada um central de secagem externa do tubo.

11.1.5. Máquina de Secar e Endireitar

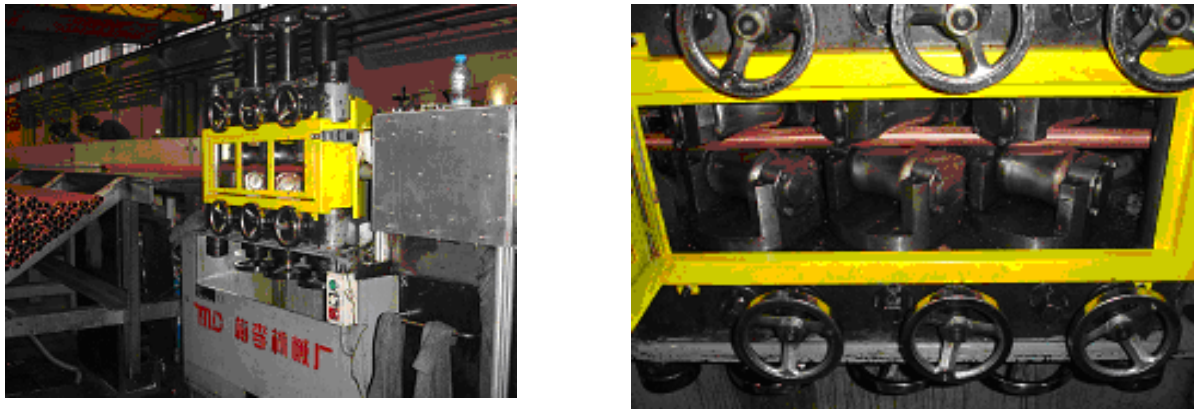


Figura 11.8. – Máquina de Endireitar.

É uma máquina de fábrica chinês, e que consiste num conjunto de 6 roletes dispostos horizontalmente e dimensionados para o diâmetro dos tubos que ao serem ajustados vão endireitar o tubo. A esta máquina está acoplado um sistema de secagem interna e externa do tubo assim como um sistema de alimentação automática. Esta máquina é comandada através de um automáto programável Siemens.

11.1.6. Máquina de Acabamento



Figura 11.9. – Máquina de Acabamento.

É uma máquina integralmente desenvolvida na *Wolverine*, e que é utilizada para a realização do seguinte conjunto de operações:

a) Corte do tubo à dimensão pretendida.

Previamente são ajustados os batentes para dimensionarem o comprimento do corte desejado. Através de um sistema de motores hidráulicos o tubo é puxado até encostar aos batentes, nesse momento a pressão hidráulica aumenta e o pressóstato desactiva os motores e um sistema de pinças pneumáticas aperta o topo dos tubos para que um sistema de corte vá de encontro com o topo para efectuar o corte. Terminando esta operação, as calhas de alimentação efectuem uma

rotação de 180° através de um pneumático acoplado a uma cramalheira que retira os tubos da calha através da acção da gravidade.

- b)** A seguir à secção de corte existe um transportador que posiciona cada tubo na localização exacta de trabalho para a fase seguinte. Aí, um conjunto de pinças hidráulicas fixa um tubo de cada vez e, em cada extremidade do tubo, uma cabeça avança através de um sistema hidráulico com um conjunto de ferramentas constituído por um sistema de correcção do diâmetro interno e externo dos tubos, e um conjunto de lâminas que vão trabalhar esses diâmetros de modo a ser executado o chanfre.
- c)** Através de um sistema de transporte, os tubos vão ser posicionados para ser executado um teste de pressão diferencial a 20 bar em simultâneo a 6 tubos. Este teste consiste em injectar uma pressão = 20 bar, fechar as válvulas de alimentação do sistema, deixar estabilizar a pressão dentro dos tubos, iniciar a sequência do teste e garantir no final desse teste que os tubos estão conformes, ou, em caso contrário, será accionado um mecanismo de alarme.
- d)** Através de um sistema de transporte, os tubos vão ser posicionados para ser executado o teste de correntes induzidas. Este teste consiste em fazer passar os tubos através de um conjunto de bobinas com a finalidade destas detectarem qualquer anomalia na superfície externa ou interna do tubo. Em simultâneo, estas bobinas têm a particularidade de, através do campo magnético a que estão sujeitas, conseguirem detectar qualquer tipo de incrustação metálica ferrosa que possa existir.

11.1.7. Embalamento

O embalamento é feito manualmente, pois todos os tubos têm que ser visualmente inspeccionados e 1 em cada lote de 100 tubos deverá ser verificado um conjunto de itens de acordo com os registos de produção, tais como o diâmetro externo, o calibre interno, os parâmetros do ensaio do teste de correntes induzidas, as leituras do comprimento total, as dimensões das ilhas, etc.

11.2. TUBOS DX

Os tubos DX apresentam uma superfície externa lisa, sendo caracterizados por conter estrias internas que promovam a transferência de calor associada à mudança de fase do fluido refrigerante, que neste caso evapora ou condensa no seu interior. A sua sequência de produção é a seguinte:

- 1) Recepção de matéria-prima
- 2) Máquina DX
- 3) Máquina de corte e endireitar
- 4) Embalamento

11.2.1. Máquina DX

Esta máquina, idealizada e construída pela *Wolverine*, consegue, por tracção, puxar o tubo que é fornecido em bobinas e, através de um conjunto de fieiras e mandris que têm acoplado uma cabeça rotativa que trabalha a 12 000 rpm e por compressão de um conjunto de esferas que trabalham em conjunto dentro de um casulo, vai moldando o tubo de forma a formar as estrias com as dimensões desejadas e o diâmetro externo pretendido.



Figura 11.10. – Máquina DX.

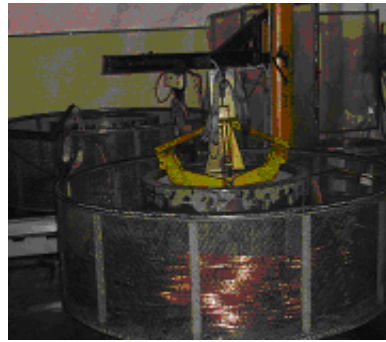


Figura 11.11. – Tubo DX.

11.2.2. Máquina de Corte e Endireitar

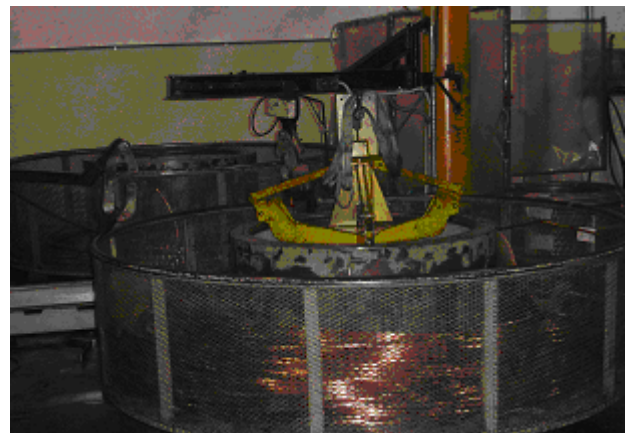


Figura 11.12. – Máquina de Corte e Endireitar.

Esta máquina é utilizada para o corte de tubos de matéria prima para a secção de alhetar e também para o corte de tubos DX, sendo necessário fazer o ajuste de pressões, a mudança de todas as ferramentas e acoplar um sistema de teste de correntes induzidas.

O processo de funcionamento é exactamente igual ao descrito na secção respeitante à máquina de corte e endireitar, e o teste de correntes induzidas é semelhante ao descrito na máquina de acabamento.

11.2.3. Embalamento

Tal como sucede com o processo de fabricação descrito em 11.1, o embalamento desta gama de tubos é feito manualmente, pois todos os tubos têm que ser visualmente inspeccionados e 1 em cada lote de 100 tubos deverá ser verificado um conjunto de itens de acordo os registos de produção, tais como diâmetro externo, anel passa e anel não passa, calibre interno, parâmetros do ensaio do teste de correntes induzidas, comprimento total, etc.

Saliente-se que, como sucede na prática com outros tipos de produtos produzidos industrialmente, torna-se necessário a realização de ensaios de conformidade, no sentido de se definir um indicador de produção, que consiste no rácio de peças defeituosas, igual ao quociente entre o número de peças com defeito e o número total de peças fabricadas.

11.3. BRASAGEM

O processo de brasagem é conseguido através do aquecimento de ambas as superfícies dos componentes a brasar e com a adição de solda que tem um ponto de fusão um pouco inferior ao do metal a brasar, conseguindo-se por capilaridade realizar a junção dos componentes.



Figura 11.13. – Postos de trabalho e algumas das referências produzidas.

11.3.1. Montagem nos Moldes

Existem dezenas de diferentes referências a serem produzidas. Todas as referências tem um molde único onde são montados manualmente todos os componentes. Após a finalização da montagem dos componentes, inicia-se o processo de brasagem.

11.3.2. Teste de Hélio

Todas as peças brasadas são manualmente tamponadas e, de uma forma segura, é injectado hélio no seu interior a uma pressão de 11 bar. Em seguida, com uma sonda, é percorrida toda a peça e todas as zonas brasadas, com o propósito de serem detectadas junções deficientemente brasadas e que apresentem fuga, na medida em que, caso exista uma fuga de hélio, a sonda possui um sistema de aspiração que está continuamente a enviar qualquer tipo de gás que exista neste meio para um espectómetro de massa que, de imediato, detectará a existência de gás e dará imediatamente o alarme.

11.3.3. Calibração e Embalamento

Todas as peças são manualmente calibradas, isto é, todas elas passam num molde calibrador onde são verificadas todas as dimensões, com as tolerâncias que lhes estão associadas. Mais uma vez, é um processo manual onde é requerida bastante atenção à qualidade do produto final e, em caso de estar conforme, segue para embalamento, ou, em caso contrário, volta à secção de brasagem para ser feito o respectivo re-trabalho.

12. EQUIPAMENTOS AUXILIARES À PRODUÇÃO

A central de ar comprimido é constituída por 2 circuitos independentes, um para uma pressão de 7 bar e outro para a pressão de 20 bar. O circuito de baixa pressão é composto por dois compressores de parafuso da marca *Ingersoll Rand*, um reservatório de ar de 2000 litros, um secador, dois filtros incorporados na linha e uma linha de purga automática de condensados. O circuito de maior pressão é constituído por dois compressores de pistão da marca *Ingersoll Rand*, um reservatório de ar de 1000 litros, um secador, um desumidificador, 2 filtros na linha e uma linha de purga automática de condensados. Ambas as linhas de purga estão direccionadas para um separador água/óleo que, por intermédio das diferentes densidades destas substâncias e por acção de um filtro, realiza a respectiva separação.



Figura 12.1. – Central de ar comprimido.

Na oficina, entre outros equipamentos de menor dimensão, existe um torno mecânico, uma fresadora, uma máquina de coluna de furar, uma rectificadora, uma serra de fita e equipamentos de soldadura.



Figura 12.2. – Aspecto geral da sala de Manutenção e respectivo armazém.

Também como equipamentos auxiliares ao processo produtivo, poderemos considerar os equipamentos pertencentes ao Departamento de Qualidade, pois a razão da sua existência consiste em auxiliar o processo produtivo. Dentre eles, podemos destacar os seguintes: um chiller da marca *Macway*, uma caldeira eléctrica da *Morisa*, um equipamento para testes de transferência de calor de idealização e fabrico da *Wolverine*, um

microscópio electrónico *Nikon*, várias serras de fita e de disco da *Metabo*, uma lixadeira de pratos horizontais, e um equipamento de testes de tracção da marca *SATEC*.



Figura 12.3. – Alguns equipamentos pertencentes ao Departamento de Qualidade.

Outros equipamentos que fazem parte do processo produtivo são, por exemplo, os equipamentos de carga (ponte rolante biviga da marca *Tegopi* e empilhador *Toyota*), os equipamentos de ar condicionado e a rede incêndio armada (RIA) que é constituída por uma bomba *jockey* que mantêm a linha sob pressão e uma bomba principal que arranca no caso da pressão da linha baixar para um determinado valor, e caso a bomba *jockey* não consiga repor o valor pretendido.



Figura 12.4. – Equipamentos de carga.

13. ESTRUTURA ORGANIZATIVA DO DEPARTAMENTO

Em Janeiro de 2001, após um processo de selecção, fui o escolhido para, a partir de 2 Abril de 2001, desempenhar as funções de Director de Produção na empresa. As responsabilidades inerentes a esta função, segundo o contrato, passavam por ter sob a minha supervisão o Departamento de Manutenção e o Departamento de Produção. Dentro das prioridades e sabendo que o início da construção das instalações estava agendado para o dia 7 Abril de 2001, o mais importante nesta data era a de ter o controlo da empreitada de construção das instalações fabris de modo a assegurar o bom cumprimento da obra e dos prazos estipulados. Para que isso fosse possível, durante os dois meses anteriores ao início da construção, foi necessário fazer um rigoroso trabalho na selecção das empresas que iriam participar na construção, na instalação de equipamentos vindos dos EUA, China e Portugal, na coordenação de toda a logística para que os equipamentos chegassem nas datas pretendidas. Passados 2 meses, e após o início da construção, foi necessário fazer algumas viagens de trabalho por algumas das fábricas da Wolverine, tendo como objectivo analisar o “*lay-out*” das linhas de produção para, mais correctamente, decidir sobre a localização dos equipamentos e todas as infraestruturas necessárias para a instalação dos mesmos.

Em Agosto, apenas com a cobertura e o pavimento da nave fabril concluídos, começámos a receber os equipamentos e a proceder à sua instalação. Para isso, juntamente com algumas empresas portuguesas e com 2 técnicos vindos dos *EUA* e com um recente funcionário contratado para a equipa de manutenção, iniciaram-se os trabalhos.

Em finais de Setembro, após o término da instalação e arranque de todos os equipamentos, ficámos à nossa mercê. Aí começaram os problemas, sendo as falhas dos equipamentos constantes, não existiam manuais dos equipamentos, as peças de reserva eram escassas e todos os equipamentos utilizavam consumíveis oriundos dos *EUA*, tais como parafusos, veios, chumaceiras, rolamentos em polegadas, correntes e pinhões com passos especiais, etc, o que representou um problema para os conseguir em Portugal. Adicionando a todo isto, existia o nosso profundo desconhecimento dos equipamentos, enfim, era a pior das realidades, pois estávamos completamente perdidos, mas restava a esperança, a vontade de trabalhar e a certeza de que, com muito empenho e perseverança, iria conseguir-se alcançar os objectivos que me foram impostos.

Nesse exacto momento, deu-se início à nossa actividade produtiva, a qual foi acompanhada por afinadores americanos que nos deram formação em alguns *set-up*'s para a produção dos tubos e também tivemos o acompanhamento de técnicos de qualidade provenientes de outras fábricas que nos vieram dar formação a nível dos parâmetros de qualidade que nos eram exigidos na especificação dos produtos a fabricar. De notar que existe uma divisão clara entre afinadores e manutenção. Os afinadores apenas se dedicam a uma zona específica das máquinas de alhetar, que são as cabeças onde são montados os *set-up*'s enquanto que a manutenção deverá assegurar que todos os restantes componentes constituintes de uma máquina estão em perfeitas condições de funcionamento.

Na figura 13.1 mostra-se a estrutura organizativa do departamento de produção e manutenção.

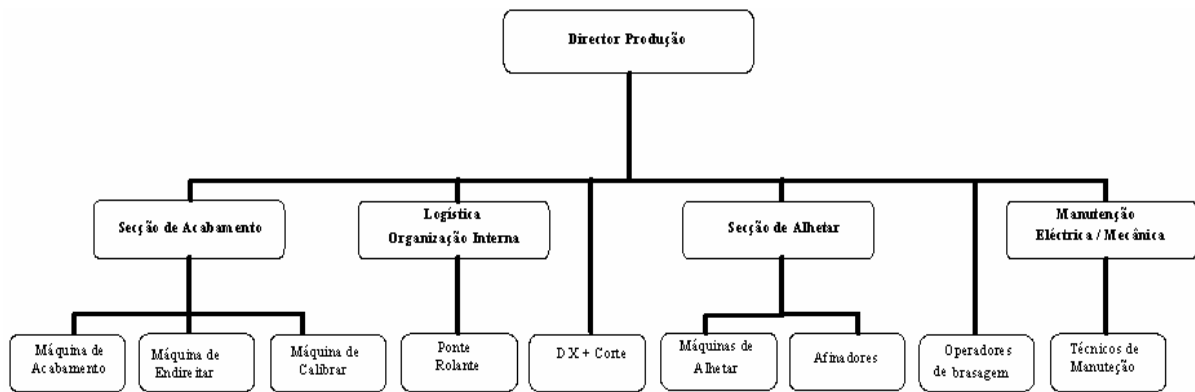


Figura 13.1. – Organograma onde está incluído o Departamento de Manutenção.

Mesmo estando sob a supervisão do Director de Produção, existe uma clara distinção entre a Divisão de Manutenção e a Divisão de Produção, tendo este director uma perfeita consciência da importância da equipa de manutenção no meio fabril.

Actualmente na Divisão de Manutenção existem apenas 3 técnicos de manutenção. Digo “apenas” porque, no momento de início de actividade, estavam previstos 6 e seriam distribuídos 2 por cada turno, com as suas funções bem delineadas, ou seja, um deles tinha como responsabilidade a parte eléctrica, pneumática e hidráulica, enquanto que o outro tinha como responsabilidade a parte mecânica. Com a experiência adquirida nos poucos anos de existência e com o aprofundamento de conhecimentos que alguns técnicos foram adquirindo através da prática do dia-a-dia e de acções de formação internas e externas, chegamos à conclusão que apenas um seria suficiente, mas para isso teríamos que trabalhar de uma forma diferente daquela a que estávamos habituados e que era regra geral no grupo. De seguida, passamos a descrever, em dois pontos, as mudanças de tarefas que foram efectivamente realizadas:

1. Os operadores das máquinas deveriam ser formados e sensibilizados para a importância da manutenção e passariam a proceder a manutenções de 1º nível, tais como, limpezas, inspecções, rotinas diárias, lubrificações e afinações simples sem abertura ou desmontagem de equipamentos. Se a manutenção necessária sair deste âmbito, então será necessário proceder a um pedido de intervenção através de uma requisição interna que deverá elucidar o problema existente, qual o equipamento, a identificação de quem faz a requisição e a data. Esta requisição deverá ser assinada pelo departamento de manutenção a acusar a recepção da mesma e uma cópia ficará com o Departamento de Manutenção e a outra com o requisitante. A partir deste momento, o Departamento de Manutenção irá priorizar os pedidos e analisar a sua exequibilidade.
2. Até esta data praticamente não se recorria a empresas externas de prestação de serviços e de fabrico de componentes, tudo era executado internamente. Após esta decisão, optou-se por grande parte dos serviços officinais passarem a ser feitos por empresas externas, assim como os serviços de manutenção preventiva dos seguintes equipamentos: ponte rolante, posto de transformação e quadros eléctricos principais, aparelhos de ar condicionado, chiller, central de ar comprimido, rede

de incêndio armada, equipamentos de correntes induzidas, microscópio electrónico, teste de tracção, empilhadores, equipamentos informáticos e a respectiva rede, balanças, caldeira e manutenção do edifício.

Com esta forma de actuação foi possível concentrar todo o potencial da manutenção apenas nos equipamentos produtivos e garantir uma assistência mais especializada nos equipamentos auxiliares ao processo produtivo, o que também contribuiu para que os custos fixos fossem reduzidos o mais possível, e que os custos variáveis aumentassem, o que foi benéfico para a empresa (*sabe-se perfeitamente que o valor salarial é um custo variável, mas com a legislação laboral existente, praticamente pode ser considerado como um custo fixo*).

Apesar de grande parte dos serviços externos proceder à manutenção de equipamentos auxiliares ao processo produtivo, alguns deles têm um grau de criticidade máximo, ou seja, com o valor 1, pois todo o processo produtivo está dependente deles.

Em seguida, passamos a justificar a razão da escolha da manutenção executada por organizações externas, a sua criticidade e analisar mais profundamente a razão da opção escolhida, como se discrimina pormenorizadamente no quadro exposto seguidamente.

Equipamento	Justificação	Grau de Criticidade	Periodicidade
Ponte Rolante	Todo o processo produtivo esta dependente deste equipamento. Em caso de paragem toda a movimentação de cargas entre as respectivas secções para. A empresa externa que faz a manutenção preventiva foi a construtora e instaladora do equipamento. A <i>Wolverine</i> mantém um <i>stock</i> de peças de reserva aconselhado pelo fabricante e este assegura que em 3 horas o equipamento estará a ser reparado.	1	Anual
Posto de Transformação	Todo o processo produtivo e administrativo esta dependente do posto de transformação. Esta manutenção é assegurada por uma empresa externa porque tínhamos necessidade de ter a responsabilidade técnica externa e desta forma obtivemos uma empresa especializada neste ramo de actuação e detentora de equipamentos necessários à análise termográfica e análise do óleo.	1	Anual
Ar Condicionado	Apenas é utilizado nos serviços administrativos, mas devido ao conforto térmico pretendido, optamos pelo fabricante do equipamento fazer a manutenção correctiva quando necessário e por uma outra empresa proceder à limpeza das condutas e fazer análise à qualidade do ar de 3 em 3 anos, conforme exigido pela legislação. O departamento de manutenção apenas procede à limpeza ou substituição dos filtros uma vez por ano.	3	Anual
Chiller	Apenas é utilizado para ensaios laboratoriais de rendimentos térmicos, mas em caso de paragem poderá incorrer numa paragem significativa da produção. Sem os respectivos ensaios corremos o risco de produzir material não conforme. Devido a fiabilidade deste equipamento, optamos por uma manutenção preventiva executada pelo representante do equipamento. A <i>Wolverine</i> mantém um <i>stock</i> de peças de reserva aconselhado pelo fabricante.	2	Nº de horas de trabalho
Rede de Incêndio Armada	Devido à necessidade da <i>Wolverine</i> ter que apresenterar anualmente uma certificação passada por uma empresa externa para fins de apólice do seguro fomos obrigados a recorrer a este tipo de serviço, tem sido um equipamento 100% fiável e são feitas inspecções semanais à RIA.	3	Anual

Equipamento	Justificação	Grau de Criticidade	Periodicidade
Central de Ar Comprimido	O ar comprimido é utilizado ao longo de todo o processo produtivo. Existem 2 compressores para 7 bar e 2 compressores para 20 bar. Esta manutenção é executada pelo representante do equipamento. A <i>Wolverine</i> mantém um <i>stock</i> de peças de reserva aconselhado pelo fabricante. Apesar de ser grau criticidade 1, existe a possibilidade de durante algumas horas podermos trabalhar apenas com um dos compressores e caso seja necessário recorreremos ao aluguer de uma máquina compatível.	1	Anual
Teste de Correntes Induzidas	Devido à especificidade destes equipamentos, recorreremos ao fornecedor destes equipamentos para proceder às respectivas manutenções preventivas. É um elemento crítico à produção, pois em caso de avaria toda a secção de acabamento para. São equipamentos alugados do qual fazem parte integrante do contrato uma manutenção preventiva semestral e em caso de paragem, num prazo de 24 horas o fornecedor procede à sua reparação ou substituição.	1	Semestral
Micróscoipo Electrónico	Em caso de paragem deste equipamento passadas 4 horas temos a secção de alhetar completamente parada, pois não será possível controlar o processo produtivo. É um equipamento que tem demonstrado ser fiável. No caso de ter um problema, temos um equipamento de reserva.	1	Não tem
Teste de Tração	Devido à especificidade destes equipamentos e à necessidade de verificação e aferição anual recorreremos ao fornecedor deste equipamentos para proceder às respectivas manutenções preventivas. Não é um elemento crítico à produção, pois em caso de paragem o Departamento de Qualidade não poderá realizar os ensaios à matéria prima e produto final, mas os nossos fornecedores de matéria prima já têm os seus procesos estabilizados o que nos garante podermos produzir sem a necessidade de realizar estes ensaios.	3	Anual
Teste de Tração	Devido à especificidade destes equipamentos, recorreremos ao fornecedor para proceder à respectiva manutenção preventiva. Não é um elemento crítico, pois em caso de paragem o Departamento de Qualidade não poderá realizar os ensaios à matéria prima e ao produto final, mas os nossos fornecedores de matéria prima garantem podermos produzir sem a necessidade de realizar esses ensaios.	3	Anual
Teste de Tração	Devido à especificidade destes equipamentos e à necessidade de verificação e aferição anual recorreremos ao fornecedor deste equipamentos para proceder às respectivas manutenções preventivas. Não é um elemento crítico à produção, pois em caso de paragem o Departamento de Qualidade não poderá realizar os ensaios à matéria prima e produto final, mas os nossos fornecedores de matéria prima já têm os seus procesos estabilizados o que nos garante podermos produzir sem a necessidade de realizar estes ensaios.	3	Anual
Empilhadores	Devido à especificidade destes equipamentos, recorreremos a uma empresa externa para proceder às respectivas manutenções preventivas.	3	Nº de horas de trabalho
Rede Informática	Recorre-se a uma empresa externa que nos assegura a fiabilidade da rede informática e servidores. Existe um contrato de manutenção onde nos é permitido diariamente proceder a pedidos de assistência.	1	Não tem
Balanças	Este equipamento apenas é utilizado como auxiliar da produção. Existem duas balanças e em caso de avaria podemos sempre proceder à sua substituição.	3	Não tem
Caldeira	Apenas é utilizado para ensaios laboratoriais de rendimentos térmicos, mas em caso de paragem poderá incorrer numa paragem significativa da produção. Sem os respectivos ensaios corremos o risco de produzir produto não conforme. Devido a fiabilidade deste equipamento, optamos por uma manutenção preventiva anual e semanalmente existe um acompanhamento dos parâmetros de funcionamento. A <i>Wolverine</i> mantém um <i>stock</i> de peças de reserva aconselhado pelo fabricante.	1	Anual

13. 1. DISTRIBUIÇÃO DAS RESPONSABILIDADES

13.1.1. Operadores de Equipamentos

É o primeiro nível da área de intervenção técnica. Estes operadores recebem formação e são sensibilizados para a importância da manutenção que podem realizar. Na *Wolverine* procedem às limpezas, às rotinas de lubrificação, às afinações simples onde não é necessário a abertura ou desmontagem de equipamentos, e executam os pedidos de manutenção aos equipamentos que operam.

No quadro seguinte descrevem-se algumas das tarefas por equipamento pelas quais os vários operadores são responsáveis:

Equipamento	Descrição de Tarefas
Máq. Secar	Ajustar os roletos de tracção, velocidade linear de passagem do tubo pelos canais de sopragem, regulação do caudal de ar comprimido e temporização da secagem interna.
Máq. Calibrar	Ajustar os roletos de tracção e a velocidade linear de passagem do tubo pelo equipamento, substituição dos roletos de tracção e dos filtros de óleo,
Máq. Endireitar	Ajustar os roletos de tracção e de uniformização do diâmetro externo do tubo, a velocidade linear de passagem do tubo pelo equipamento,
Máq. Acabamento	Ajustar o comprimento do corte e sua velocidade, rodas de tracção, velocidades e ajuste do chanfre, regulação da distância entre cabeças do chanfre e do teste de pressão e sua substituição conforme o diâmetro do tubo, ajuste do teste correntes induzidas e todos os transportadores entre as diversas secções do equipamento, substituição de vedantes do teste de pressão, substituição de electroválvulas, tubos de ar comprimido, substituição de correias ou correntes e ajustes dos tensores, substituição de discos de corte, substituição filtros de óleo e de ar, substituição dos filtros de aspiração da unidade de aspiração de partículas metálicas e respectivas limpezas, mudanças das lâminas de chanfre e reparação dos calibradores internos e externos.
Máq. Cortar e Endireitar	Ajuste dos roletos de afinação do diâmetro externo do tubo, velocidade e ajuste linear de tracção, afinação do corte e das maxilas de transporte, substituição dos rolamentos interiores dos roletos de transporte, limpeza e manutenção de toda a cabeça rotativa de corte, verificação dos níveis de óleo dos lubrificadores, lubrificação de chumaceiras, rolamentos e guias.
Máq. Alhetar	Ajuste dos <i>run-out</i> , substituição das ferramentas de alhetar, ajuste do caudal de lubrificante necessário, ajuste do percurso do <i>"rabbit"</i> , ajuste das transições, verificação da lavagem externa, entrada de dados para ajuste do ilhómetro, ajuste de velocidade de alhetamento.
DX	Polimentos e ajuste do mandril, feiras e todos acessórios para produção da referência a produzir, assim como velocidade de rotação do tambor, teste correntes induzidas e todos os ajustes da máquina anteriormente referida (<i>Burr-Oak</i>)

13.1.2. Afinadores

É um grupo constituído por seis funcionários distribuídos por 3 turnos, sendo os responsáveis pelas principais afinações das máquinas de alhetar. A principal afinação que depende destes funcionários é a montagem do *set-up* para as diferentes referências nas respectivas cabeças de alhetar (ver figura 13.2).

Os *set-up* são constituídos por uma quantidade variável de discos e ferramentas especiais que, dispostas numa determinada sequência, irão ser capazes de formar as alhetas na superfície externa do tubo e as estrias no seu interior. A combinação destas ferramentas é de extrema precisão, pois estamos a

trabalhar na ordem das centésimas de milímetro e, qualquer imprecisão, poderá provocar o aparecimento de certos defeitos não permitidos num produto com com este nível de qualidade.

Além da preparação e ajuste dos “set-up”, também executam a afinação ou substituição dos tirantes, run-out, coelho, calhas de lavagem e guias, substituição de cabeças de alhetar ou dos seus componentes, introdução de valores na PLC.

Actualmente, e com o intuito de libertar um pouco mais os técnicos de manutenção, está a decorrer uma acção de formação onde os afinadores passarão muito em breve a desempenhar mais alguns trabalhos, tais como a substituição de electroválvulas, cilindros pneumáticos e hidráulicos, a descarga de *software* nos automátos, a análise dos sinais dos automátos para verificar a origem ou o mau funcionamento de um determinado componente, a substituição de fusíveis, a análise do quadro sinóptico, etc.

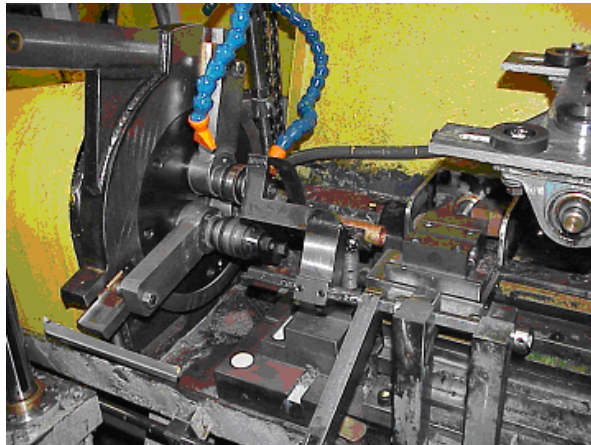


Figura 13.2. – Cabeça de alhetar de 3 arbors e 2°15'.

13.1.3. Técnicos de Manutenção

A divisão de manutenção é o coração da área de intervenção técnica da empresa. Tem como responsabilidades os seguintes itens:

- Gestão dos serviços internos e externos, designadamente nas área de mecânica, electricidade, pneumática, hidráulica.
- Execução dos pedidos de intervenção.
- Rotinas de inspecção conforme planeado.
- Manutenção preventiva conforme planeado.
- Manutenção correctiva e de melhoria.
- Preenchimento dos relatórios de intervenção e sua análise.
- Planeamento e análises técnicas à manutenção.
- Gestão de sub-empreitadas e contratos de manutenção.
- Aprovisionamento do armazém de manutenção.
- Responder por toda a gestão da manutenção.
- Refinar as políticas de manutenção a aplicar a cada equipamento.
- Elaboração de procedimentos para a manutenção.
- Armazém e oficinas devidamente limpos e organizados.

14. ORGANIZAÇÃO DOS TRABALHOS DA MANUTENÇÃO

Os trabalhos de manutenção realizados na *Wolverine* estão organizados da seguinte forma:

TIPOS DE MANUTENÇÃO		Tipo de documento	Frequência	Proveniência	Grau de Urgência
MELHORIA			Quando conveniente	Decisões técnicas	Conforme decisão Dir. Produção
				Pedidos dos operadores	
PREVENTIVA	Sistemática	Rotinas de inspeção	Segundo plano	Experiência	Normal
		Rotinas de lubrificação	Segundo plano	Experiência	Normal
	Condicional	Análise de óleos	Segundo plano	Experiência	Normal
		Análise termografica	Segundo plano	Experiência	Normal
CORRECTIVA		Requisição interna	Quando necessário	Pedidos dos operadores	Muito Urgente

14.1. MANUTENÇÃO DE MELHORIA

A Manutenção de Melhoria apenas poderá ser realizada com aprovação do Director de Produção, pois envolvem modificações de equipamentos ou utilização de novos componentes, sendo para isso necessário uma descrição dos trabalhos a realizar, prazos de execução, orçamentos e quem irá realizar os serviços.

14.2. MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A Manutenção Preventiva Sistemática ou Condicionada está devidamente programada num quadro anual onde estão mencionadas as datas para execução dos respectivos trabalhos. No início do ano é realizado um quadro onde são assinaladas todas as manutenções semanais, mensais, trimestrais, semestrais e anuais por cada tipo de equipamento e que tem a seguinte forma:

	Semana																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	...	
Máq. Alhetar 1	■									■											■						
.....			■									■											■				
Máq. Alhetar 9								■											■								
Máq. Alhetar 10									■											■							
Máq. Endreitar	■			■				■			■						■				■						
Máq. Calibrar		■			■				■			■					■				■						
Máq. Secar			■			■				■				■				■				■					
Máq. Acabamento				■				■				■				■					■						
DX					■				■				■				■					■					
Burr-Oak		■				■				■				■				■									
Ponte Rolante																											
Empilhador																										■	
.....																											

■ Manutenção Executada pelo Departamento Manutenção
■ Manutenção Executada por Empresas externas

Todos os trabalhos realizados, componentes substituídos, tempos gastos, e outras anomalias detectadas fora do âmbito desta manutenção, são devidamente registados nas respectivas folhas de intervenção e, após conclusão da manutenção, é assinalado no quadro da página anterior um visto para que seja completamente visualizado o seguimento dos trabalhos.

14.2.1. Análise de Óleos

Em relação à substituição de óleos e, uma vez que temos vários equipamentos com unidades hidráulicas que utilizam uma grande quantidade desse fluído, foi opção da *Wolverine* proceder à sua análise para se evitar a sua substituição prematura, pois representaria um gasto desnecessário e implicaria prejuízos ambientais, na medida em que a empresa é certificada pelas normas ISO 14000 e EMAS, o que faz com que tenhamos um especial cuidado em relação à quantidade de resíduos produzidos. Na data prevista é retirada uma amostra de óleo de cada reservatório, é registada essa acção e a ordem de trabalho fica em “stand-by” até chegada dos resultados. Após a chegada dos resultados, é decidido qual o número de horas que o equipamento poderá trabalhar e, por sua vez, terminado esse prazo o óleo é substituído. Todo este processo é devidamente tratado através de um histórico por equipamento, de forma a ser possível alargar constantemente o número de horas de utilização dos lubrificantes.

14.2.2. Análise Termográfica

Em relação à análise termográfica, esta é apenas realizada no posto de transformação e em todos os quadros eléctricos distribuídos pelas instalações. Após a conclusão dos ensaios, a empresa externa que realiza este trabalho envia o relatório, onde são mencionados os pontos onde poderão existir anomalias. O formato desse relatório tem a estrutura que se apresenta na figura 14.1.

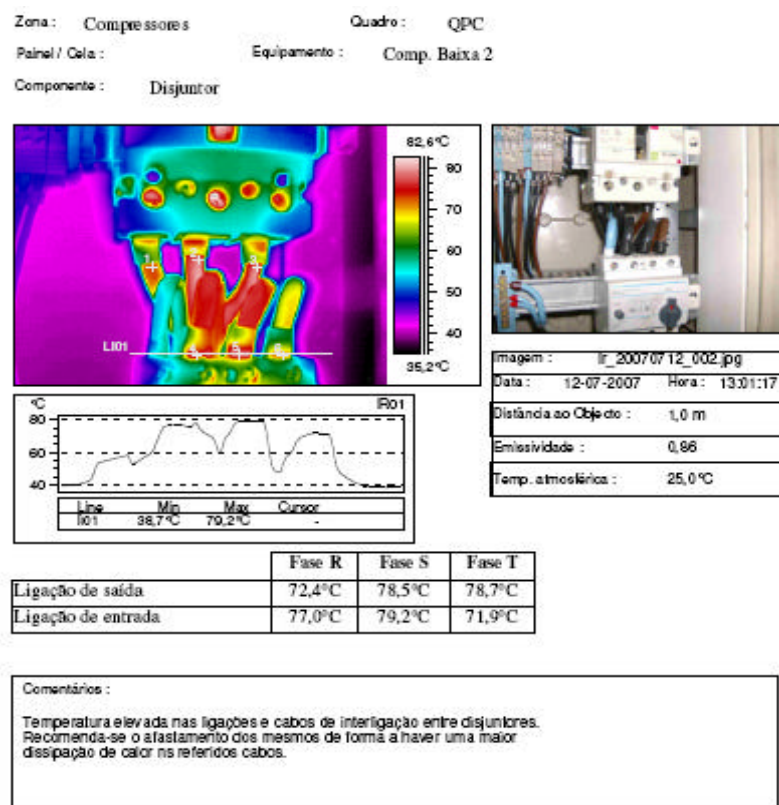


Figura 14.1. – Termograma que localiza possíveis problemas eléctricos.

14.2.3. Rotinas de Inspeção

Estas rotinas são realizadas nas datas pré-programadas no planograma anual da manutenção. Estas consistem no seguimento de uma “check-list” (ver figura 14.4.), onde todos os pontos da máquina são verificados.

Caso algum dos pontos a analisar esteja “**Não OK**”, deverá ser emitido um registo ou um pedido de manutenção. Se a reparação tiver uma duração inferior a trinta minutos ou se colocar em risco a segurança do funcionário, de imediato proceder-se-á à sua reparação ou, em caso contrário, deverá ser programada conforme a conveniência do departamento de produção.



Exceder as Expectativas do cliente e do ambiente			
	MANUTENÇÃO PREVENTIVA		DM04/02
	Burr OAK		
Técnico responsável _____		Data ____ / ____ / ____	
DESCRIÇÃO			
1	Verificar o funcionamento de todos os interlocks de protecção:	MENSAL	
	Portas dos rolos	OK	NOK
	Portas da máquina	OK	NOK
	Portas da mesa de saída	OK	NOK
	Betoneiras de emergência	OK	NOK
	Valvula de escape de emergência	OK	NOK
	Sistema electro pneumático de expulsão de ar	OK	NOK
2	Verificar:	MENSAL	
	Manualmente se os carros deslizam suavemente sobre as guias	OK	NOK
	Aperto dos pneumáticos aos carros.	OK	NOK
	Fixação dos cilindros clamp.	OK	NOK
	Fixação do cilindro PULL e PULLAPART	OK	NOK
	Movimento de avanço da lamina	OK	NOK
	Sequência de corte, se é efectuada devidamente.	OK	NOK
	O estado da correia de transmissão	OK	NOK
	O estado da mesa de saída e da porta de saída.	OK	NOK
	Aperto dos terminais eléctricos no quadro principal e de comando	OK	NOK
3	Inspeccionar :	MENSAL	
	O estado das guias longitudinais	OK	NOK
	O estado dos veios guias da cabeça de corte	OK	NOK
4	Substituir	ANUAL	
	Rolamento de encosto da cabeça .	OK	NOK
	Rolamentos lineares dos carros .	OK	NOK
		OK	NOK

Figura 14.2. – Exemplo de uma check-list de manutenção preventiva ao equipamento Burr-Oak.

Pode-se observar ainda na figura 14.3 um outro exemplo de uma manutenção preventiva sistemática diária, realizada à sala dos compressores e ao chiller.

EXCEDER AS EXPECTATIVAS DO CLIENTE E DO AMBIENTE

	REGISTO DE MANUTENÇÃO Folha de registo Diário	DM07/03
DATA: ___ / ___ / ___		

AR COMPRIMIDO inspeção efectuada no início do 1º turno (7:00-15:00) – Hora de visita: _____										
Compressores de BAIXA em funcionamento e temperatura	1 _____°C	2 _____°C								
Horas de funcionamento dos comp. de BAIXA	1 -	2 -								
Diferencial do filtro separador	1 -	2 -								
Horas de funcionamento dos comp. de ALTA	1 -	2 -								
Temperaturas de funcionamento dos secadores	BAIXA (0-5°C)		ALTA (0-10°C)							
Pressões de ar nos reservatórios	BAIXA (6.5– 8bar)		ALTA (21-25bar)							
Purga diária manual do reservatório de alta pressão:										
Verificação nível de óleo <u>semanal</u> (sexta-feira)	Baixa 1		Baixa 2		Tipo de óleo (baixa) IR-SB ULTRA COOLANT	Alta 1		Alta 2		Tipo de óleo (alta) IR.ALL SEASONS
	OK	NOK	OK	NOK		OK	NOK	OK	NOK	
Em caso de NOK indicar quantidade de óleo acrescentado na quadricula “NOK”										
Comentários:										


CHILLER - Inspeção efectuada no início do 1º turno (7:00 -15:00) – Hora de visita: _____											
Estado da máquina	ON	Carga	Vazio	OFF				Bomba de circulação de glicol		ON	OFF
										ON	OFF
ALARMES		PRESSÕES				TEMPERATURAS					
ON	OFF	ALTA		BAIXA		OLEO		INLET		OUTLET	
		bar		bar		bar		°C		°C	
Inspeção visual diária : procurar derrames de óleo ou refrigerante: OK NOK											
Verificação <u>Semanal</u> (2ª-feira) do nível de óleo OK NOK											
Em caso de NOK indicar quantidade de óleo acrescentado na quadricula “NOK”											
Comentários:											

<i>Relatórios de intervenção / Trabalhos efectuados</i>	
Equipamento:	
Turno:	
Início:	
Fim:	
Material utilizado:	

Figura 14.3. – Exemplo de um registo de manutenção preventiva sistemática.

Um outro exemplo é dado em seguida, sendo desta vez o responsável pelo seu preenchimento a empresa de segurança. Aqui também se constata que, além dos operadores dos equipamentos fazerem a manutenção de 1º nível, aproveitamos também a disponibilidade da empresa de segurança para auxiliar o Departamento de Manutenção na execução de algumas tarefas de fácil execução, mas que consomem algum tempo, sendo de notar também que cada uma das seis seguintes verificações têm associadas as respectivas instruções de trabalho.

EXCEDER AS EXPECTATIVAS DO CLIENTE E DO AMBIENTE

	REGISTO DE INSPECÇÕES	Registo°
---	------------------------------	-----------------

Antes do preenchimento desta folha, devem de ser lidas as IT (Instruções de Trabalho) correspondentes a cada situação)
 As situações OK / NOK devem de ser marcadas com um círculo
 Os espaços "Data", "Hora" e "Funcionário", devem também ser preenchidos.

Verificação das lampadas de iluminação interior.			Nave fabril				Secção de Brazagem				
Data: _____	Hora: _____	IT N° 1	OK		NOK		OK		NOK		
Funcionário: _____											
Se encontrar alguma lampada acesa indique NOK e descreva qual em Obs. No entanto, deve desligar a mesma.											
Obs. _____											

Verificação de possíveis fugas de água.			Nave Fabril				Casas de banho				
Data: _____	Hora: _____	IT N° 2	Passador 1		Passador 2		Produção		Administração		
Funcionário: _____				OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK
Se encontrar alguma torneira aberta, indique NOK e descreva qual em Obs. No entanto deve-a fechar.											
Obs. _____											

Verificação das bocas de incêndio			Boca de incendio nº											
Data: _____	Hora: _____	IT N° 3	1		2		3		4		5		6	
Funcionário: _____				OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK

Teste da sirene de alarme de incendio			OK				NOK				
Data: _____	Hora: _____	IT N° 4									
Funcionário: _____											

Pré arranque chiller			OK				NOK				
Data: _____	Hora: _____	IT N° 5									
Funcionário: _____											
Obs. _____											

Verificação dos tanques de lavagem.			OK				NOK				
Data: _____	Hora: _____	IT N° 6									
Funcionário: _____											
Obs. _____											

9-8-2007	Elaborado: Paulo Oliveira	Verificado: Vitor Maia	Aprovado: Vitor Maia
----------	---------------------------	------------------------	----------------------

Figura 14.4. – Exemplo de um registo de inspecção.

14.2.4. Rotinas de Lubrificação

Esta rotina foi desenvolvida pela equipa de manutenção e, após verificar que em alguns equipamentos poderia ser executada pelos operadores, foi desenvolvida uma acção de formação teórica e prática e, escalonadamente, foi dada essa responsabilidade a alguns operadores. Esta prática está incluída na manutenção de primeiro nível. Os operadores do equipamento entre outras rotinas pertencentes à sua responsabilidade perante o departamento de produção, tem também a responsabilidade de assegurar a limpeza diária dos equipamentos, a verificação do funcionamento de algumas partes do equipamento, ajustes de "run-out", correcção da especificação das tolerâncias da dimensão dos espelhos, correcção do ponto de paragem e retorno do coelho, etc.

14.3. Manutenção Correctiva

Este tipo de trabalho é o pior inimigo do gestor de manutenção, dada a sua imprevisibilidade e consequente impossibilidade de ser programado. Porém, ele existirá sempre em qualquer meio fabril e, portanto, a organização tem que estar preparada para reagir com a máxima eficácia possível neste tipo de intervenção. Uma avaria que ocorra durante o funcionamento normal do equipamento tem a seguinte sequência no pedido de manutenção:

- 1) Detectada a avaria pelo operador do equipamento.
- 2) Liga a luz branca para pedir intervenção da manutenção.
- 3) Preenche a Requisição Interna (ver figura 14.5).
- 4) Aguarda pela chegada da manutenção durante cinco minutos e caso esta não venha dirige-se à oficina e entrega a requisição interna para manutenção acusar a recepção do pedido de intervenção e o técnico de manutenção fica com o original do pedido e a cópia fica com o operador.
- 5) Manutenção desloca-se ao equipamento e juntamente com o operador averigua a situação e se possível de imediata inicia a sua reparação.
- 6) Concluída a reparação, o operador deverá voltar a assinar a requisição interna original para fechar o ciclo e desta forma concorda que o trabalho efectuado pela manutenção está concluído.
- 7) No final do turno, a cópia da requisição é anexada aos registos de produção para que o director de produção tome conhecimento que existiu determinado problema no equipamento, e também é assinalado o tempo de paragem do equipamento devido a operações de manutenção nos registos de produção.
- 8) Técnico de manutenção preenche os registos de pedido de manutenção (DM 04/02) e arquiva no dossier do respectivo equipamento.

REQUISIÇÃO INTERNA N.º 0675 TURNO C

WOLVERINE TURBINES (PORTUGAL), LDA.

Data: ____/____/____, requer ao dptº de Manutenção:

a - Intervenção mecânica b - Intervenção eléctrica c - Fabrico de peças

Descrição: _____

Recabido: _____ Hora: _____ Data: ____/____/____

Intervenção concluída: SIM NÃO Registo de Manutenção n.º _____ N.º de peças entregues: _____

O requerente: _____ Hora: _____ Data: ____/____/____

Figura 14.5. – Folha de pedido de requisição dos serviços de manutenção.

15. PROGRAMAÇÃO DOS TRABALHOS DA MANUTENÇÃO

Uma vez que existem planos de manutenção para todos os equipamentos existentes na *Wolverine* e datas teóricas para a elaboração das respectivas manutenções, falta apenas coordenar com a Função Produção o acerto das datas para que estas não coincidam com datas em que, obrigatoriamente, os equipamentos tenham que estar a trabalhar devido ao cumprimento dos prazos de entrega das encomendas.

Essa coordenação é conseguida através de uma reunião mensal com a direcção de produção, onde são discutidos os vários indicadores respeitantes à manutenção, os principais motivos das paragens, e onde é decidido o que é para executar, os recursos a serem utilizados, e as datas em que os respectivos equipamentos estarão disponíveis para cumprimento dos planos. Essa programação nem sempre é conseguida a 100%, pois existem sempre contratempos na produção ou na manutenção, contudo os atrasos existentes terão sempre prioridade máxima na reunião mensal seguinte. Uma outra situação que poderá acontecer é que, devido a atrasos de entrega de matéria prima, alguns equipamentos por vezes são obrigados a parar, sendo então comunicado à divisão de manutenção essa imobilização, para que possam antecipadamente executar as referidas intervenções de manutenção.

16. REGISTOS DE MANUTENÇÃO

O registo de manutenção é a componente do sistema destinada a recolher informação real sobre a manutenção realizada. Todos os trabalhos de manutenção realizados, tanto preventivos como correctivos, deverão ter o respectivo registo de manutenção (ver figura 16.1) que depois será arquivado no respectivo dossier do equipamento.

Um dos grandes problemas existentes consiste na dificuldade dos colaboradores escreverem sobre os trabalhos realizados, uma vez que, por muito que se insista, esses colaboradores têm receios de cometer erros gramaticais, dificuldades com a caligrafia, receio de terem cometido erros durante a intervenção e que fiquem registados, e receio de estarem a ser “perseguidos”, como sendo uma forma sub-reptícia de controlar os seus movimentos.

17. HISTÓRICO DE MANUTENÇÃO

É um arquivo organizado cronologicamente, feito individualmente para cada equipamento, e contém toda a informação sobre a sua manutenção. É, sem dúvida, o elemento mais valioso de um sistema de gestão da manutenção na medida em que contém informação fidedigna sobre o funcionamento dos equipamentos na sua situação real operacional.

Neste momento, na *Wolverine*, todo este espólio encontra-se em papel, pelo que não se torna prática a sua utilização, sendo este um dos pontos onde deverão ser tomadas medidas melhorativas de forma a informatizar todo este processo. A empresa ainda não tem um *software* de apoio à manutenção, não só pelo seu custo, mas também pela dificuldade de o elaborar à nossa medida e de o alimentar convenientemente

com a informação necessária, pois esta última operação implicaria um processo em que alguém, diariamente, tivesse que gastar algum do seu tempo com a introdução dessa informação.


Exceder as Expectativas de cliente e do ambiente			
	Registo de Manutenção		DM01/02
	Pedido de Manutenção		
Data: / /	Turno A B C	Equipamento: Avaria: <input type="checkbox"/> Eléctrica <input type="checkbox"/> Mecânica	Exige Paragem de Máquina ? <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim, Tempo Previsto _____
Técnico responsável pelo pedido:	Aprovado pelo Director de Produção:	Data/hora de Execução dos trabalhos ____/____/____ : ____:____	
Descrição do Problema:			
Trabalhos efectuados:			
Material substituído:			
INÍCIO DA INTERVENÇÃO:		FIM DA INTERVENÇÃO:	TEMPO DE IMOBILIZAÇÃO:
Executado por: _____		Manutenção concluída: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	

Figura 16.1. – Exemplo de um registo ou pedido de manutenção.

O histórico, para ser eficaz e permitir uma apreensão rápida da realidade, deve ser bem sistematizado e sucinto, mas denotando todos os eventos chave da manutenção. Os campos de informação do histórico de um equipamento incluirão:

- Data de realização e leitura do contador horário do equipamento.
- Tipo de trabalho e respectivo tipo de manutenção (melhoria, correctiva, preventiva, ...).
- Identificação dos técnicos internos ou externos que realizaram a intervenção.
- Descrição dos trabalhos realizados.
- Tempos de mão de obra e seus custos.
- Período de imobilização do equipamento.
- Custo de peças.
- Custo dos serviços.

Com estes elementos poderemos retirar toda a informação necessária de natureza económica associada ao equipamento, bem como a informação de natureza operacional para calcular os indicadores técnicos da manutenção.

18. GESTÃO DE STOCKS

Em relação à gestão de *stocks*, o primeiro passo que foi dado na Wolverine foi a organização do armazém, que apresenta a seguinte disposição:

- Um conjunto de armários devidamente identificados por cada diferente equipamento onde estão armazenados os sobresselentes prontos a serem utilizados.
- Um conjunto de armários onde se encontram as peças de substituição.
- Um conjunto de armários onde se encontram os materiais de consumo corrente.

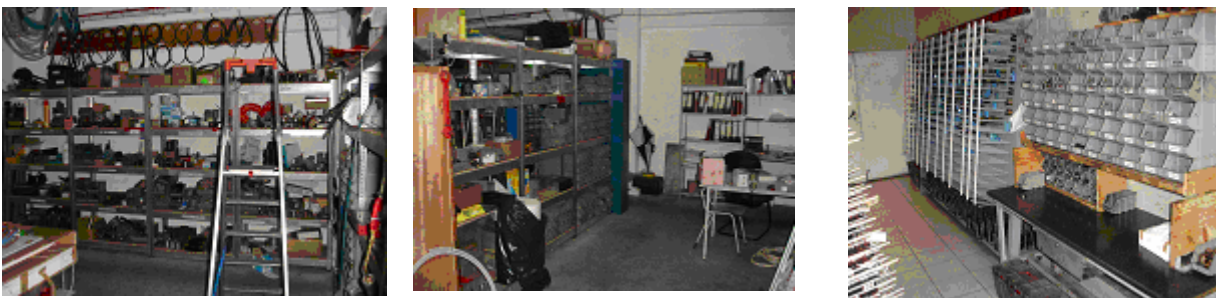


Figura 18.1. – Aspecto geral do armazém de materiais de manutenção.

As quantidades a encomendar e as quantidades a ter em *stock* foram estabelecidas de uma forma empírica, baseada na experiência. Deste modo, existem nas instalações várias formas de requisição:

1) Consumíveis necessários para os afinadores.

Têm uma determinada quantidade no seu sub-armazém situado junto às máquinas e, quando o seu *stock* esgota, automaticamente é comunicado ao armazém que é necessário reabastecer. Esse armazém tem uma quantidade mínima de *stock* que abastece o sub-armazém e, de imediato, elabora uma encomenda ao fornecedor. Esta quantidade mínima, que depende do tipo de componente, tem sido suficiente até que a nova encomenda seja satisfeita.

2) Consumíveis dos *set-up*

Os *set-up* são constituídos por discos de alhetar, *notch disc*, *root-notch disc*, *pins*, *bendovers*, etc. Todas estas ferramentas têm várias espessuras, vários diâmetros, várias configurações e todas elas são desenvolvidas e fabricadas em duas unidades de produção da *Wolverine* (Shangai e Decatur), tendo um tempo de entrega de aproximadamente uma semana. Como são ferramentas demasiado dispendiosas, não é conveniente armazenar grandes quantidades e, por isso, com o nosso conhecimento, foram propostas as quantidades mínimas e máximas de *stock*, e semanalmente é feito um inventário e são encomendadas as ferramentas necessárias para que esse inventário apresente os valores máximos propostos. Também para estes consumíveis existe um “BOM - *Bill of Material*”, isto é, sempre que chega uma nova encomenda é iniciado um processo onde se averigua qual a matéria prima e *set-up* a utilizar e, conforme este resultado, é iniciado o processo de aquisição dos artigos em falta. Este processo, embora seja manual, tem-se mostrado fiável e até à data não houve a prioridade de o informatizar.

3) Consumíveis de uso corrente

São fornecidos por empresas locais ou situadas nas proximidades, e têm um tempo de entrega bastante rápido. A manutenção tem como responsabilidade assegurar que a encomenda é colocada quando se atinge o ponto mínimo de *stock*.

4) Consumíveis da manutenção

São fornecidos por empresas locais ou pelos fabricantes dos equipamentos, e têm tempos de entrega conhecidos. A manutenção tem como responsabilidade assegurar que a encomenda é colocada quando se atinge o ponto mínimo de *stock*, ou seja, o *stock* de segurança.

5) Materiais sobresselentes

Foram analisados todos os equipamentos e foi decidido quais os sobresselentes que se deverá ter em *stock*. O decisão teve em conta o grau de criticidade dos equipamentos, a possibilidade de contornar uma paragem imprevista, a análise “custo / danos” provocados com a “paragem / tempo de entrega”. Nesta análise, foi também levado em linha de conta se o sobresselente era utilizado em mais do que um equipamento.

19. INDICADORES DE DESEMPENHO

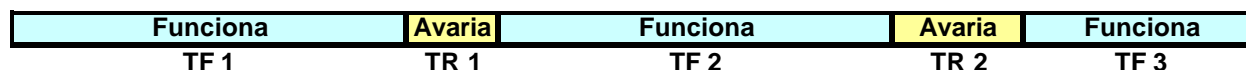
Um indicador serve para dar uma informação concisa sobre determinada característica ou processo. Através deles, é possível estabelecer uma quantificação e um acompanhamento dos processos, proporcionando um conjunto de acções correctivas para que se consigam atingir os objectivos propostos. Por conseguinte, um indicador deverá tornar claro os objectivos estratégicos, proporcionar uma leitura clara de como estão os resultados e permitir compará-los com os objectivos, permitir identificar os problemas e pôr em prática as possíveis soluções para resolução desses problemas.

Na *Wolverine*, neste momento, a maior parte dos indicadores existentes estão mais direccionados para a produção, embora na maior parte das acções correctivas tenham a manutenção como suporte.

Por cada indicador utilizado, existe um QOS - “Quality Operational System”, que não é mais do que um ciclo PDCA, isto é, um sistema onde ficam registados todas as acções correctivas planeadas ou já efectuadas, e os valores que foi possível atingir com a aplicação dessas acções, de forma a fazer-se o acompanhamento documentado de todas as alterações propostas.

Os únicos indicadores existente na *Wolverine* que estão directamente relacionados com os trabalhos da manutenção são o **MTBF** - “Mean Time between Failures” e o **MTTR** - “Mean Time to Repair”. Saliente-se que existe um indicador **MTBF** e **MTTR** por cada equipamento e estes exprimem o tempo médio de bom funcionamento e o tempo médio de cada reparação dos respectivos equipamentos.

Apresenta-se de seguida a forma como efectuamos a medição deste indicador: Imagine-se que o equipamento trabalha continuamente, sem ter nenhum problema durante o tempo TF1 e, após esse tempo, imobiliza-se devido a um problema e tem um tempo de reparação TR1, retomando em seguida o seu funcionamento normal durante um período TF2, até que volta a ter outra paragem TR2, e assim consecutivamente, como se esquematiza no diagrama a seguir:



- **Tempo Médio Entre Avarias** $MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n TF_i}{N_{av}}$

- **Tempo Médio Para Reparação** $MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n TR_i}{N_{av}}$

sendo: TF_i - Tempo de funcionamento no período

TR_i - Tempo de reparação no período

N_{av} - Número de avarias no período

Conforme os resultados obtidos para estes indicadores, deve-se agir sobre os seguintes parâmetros:

- Horas de manutenção preventiva e horas de manutenção preditiva;
- Estado do equipamento;
- Número de horas de utilização;

- Manutenibilidade;
- Fiabilidade;
- Existência de dispositivos predictivos.

Quanto aos meios de acção, são os seguintes:

- Análise *FMEA*;
- Ciclo *PDCA*;
- Manutenção preventiva e predictiva;
- Manutenção do bom estado do equipamento, através, por exemplo, de uma manutenção de primeiro nível.

Ao analisarem-se os resultados destes indicadores, deparamos com valores que vão deste 4 horas até 6048 horas para o *MTBF*, e de 3 minutos até 17 horas para o *MTTR*. É evidente que teremos que actuar com maior prioridade nos equipamentos que apresentam um menor *MTBF* e onde o *MTTR* é maior. Em ambos os indicadores, os equipamentos em questão são as máquinas de alhetar.

Conforme tinha sido comentado atrás, na *Wolverine* existe o Departamento de Manutenção que é constituído por três funcionários e onde existem seis afinadores (2 por cada turno), que pertencem ao Departamento de Produção. Esta divisão tem as tarefas bem definidas, tendo a manutenção a responsabilidade por toda a parte mecânica, eléctrica, pneumática, para todas as máquinas, com excepção da parte das cabeças de alhetar que é da inteira responsabilidade dos afinadores.

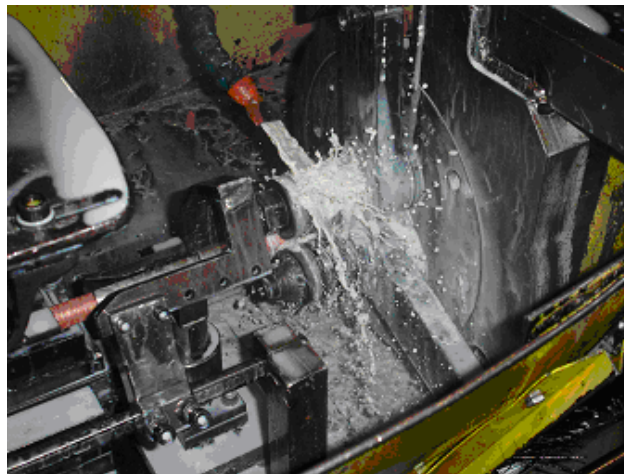


Figura 19.1. – Cabeça das máquinas de alhetar.

Para as referências que são produzidas na nossa fábrica, existem 34 diferentes cabeças de alhetar, cada uma com três ou quatro *cams* (braços) e com um determinado ângulo de ataque, sendo que 10 cabeças estão sempre em utilização, pois é o nº de máquinas de alhetar que possuímos. À combinação do número de braços, com o ângulo de ataque e o conjunto de ferramentas de vários diâmetros e espessuras (discos + *notch* + *bendovers* + *roots* + *shims* + *roll downs* + etc), dá-se a denominação de *set-up*. Este *set-up* por vezes é muito complicado de ser ajustado, na medida em que depende muitas vezes das características da matéria prima e das suas tolerâncias, de folgas que possam existir nos braços ou nos veios, e também nas tolerâncias de espessura das ferramentas. Quer isto significar que um *set-up* que, por exemplo, trabalhe na

máquina 3 com matéria prima de diâmetro 18,87 mm e espessura de parede 1,03 mm, pode não funcionar na máquina 4, pois poderá provocar certos defeitos que não são permitidos nas nossas especificações de produto.

Um outro problema que existe consiste, por vezes, na falta de sensibilidade dos afinadores para conseguir manter um raciocínio que o leve a descobrir a causa raiz do problema, que é, em muitos casos, a ansiedade de querer que a máquina arranque, fazendo com que não se termine esse raciocínio e, por consequência, consegue-se, de facto, arrancar com a máquina, mas não se sabendo exactamente qual a causa raiz do problema. Existem vários planos de acção para melhorar estas situações associadas aos afinadores, tendo já sido conseguidos resultados bastante positivos. Este tipo de problema é comum a todas as fábricas da *Wolverine*, que têm muitos mais anos de experiência que a fábrica em Portugal, todavia têm-se obtido resultados bastante animadores comparativamente com os nossos colegas. Um projecto bastante ambicioso que consiste numa modificação radical nas cabeças de alhetar está agora a ser posto em prática e, com ele, julgamos que será possível, através da análise de vibrações e da análise termografica, conseguir dar um salto na detecção de problemas. Após esta breve explicação acerca do que consiste o trabalho dos afinadores se, no indicador *MTBF*, se retirar as paragens devido a afinação, este indicador passará de 4 horas para 785 horas, e a mesma tendência acontece com o *MTTR*, ou seja, os problemas que se têm neste equipamento não são da responsabilidade do Departamento de Manutenção, mas sim e apenas da responsabilidade do Departamento de Produção.

Com o bom resultado que esperamos na concretização do projecto de modificação das cabeças de alhetar, irá surgir um acréscimo de responsabilidades no Departamento de Manutenção, pois, a partir desse momento, iremos necessitar de recursos humanos mais qualificados e com uma maior sensibilidade para o manuseamento de certos instrumentos de apoio às actividades de manutenção condicionada, e também à execução de registos dessa manutenção preventiva condicionada, o que implicará a elaboração de registos históricos por cabeça, onde possam ser analisados o número de horas de trabalho, o número de metros produzidos, as datas de substituição de rolamentos e buchas, enfim, todo o histórico necessário para a concretização do plano que se encontra previamente elaborado.

Conforme descrito anteriormente, como indicadores apenas analisamos o *MTBF* e o *MTTR*, mas diariamente é colocado num quadro de bordo os tempos de paragem dos equipamentos e o respectivo motivo, isto é, podemos visualizar se o equipamento esteve parado devido a:

- ✓ Afinação
- ✓ Mudança de ordem de produção
- ✓ Manutenção
- ✓ Paragem para refeição ou intervalos
- ✓ Espera resultado do laboratório
- ✓ Espera de ponte rolante
- ✓ Rotura de *stock* de matéria prima

Com os valores apresentados desta forma, podemos diariamente analisar as principais causas de paragem e agir de forma eficaz. No que diz respeito ao Departamento de Manutenção, além destes valores diários, mensalmente executa-se o fecho do mês e a respectiva análise e programação das medidas correctivas.

20. FORMAÇÃO

A formação profissional deve contribuir para o desenvolvimento dos recursos humanos das empresas, anulando ou aperfeiçoando por um lado a falta de qualificação necessária e, por outro lado, antecipando as necessidades futuras, assumindo uma especial relevância se considermos a constante evolução de qualquer organização empresarial.

Deste modo, a *Wolverine* tem vindo a promover a realização de acções de formação, internas ou externas, que visam o desenvolvimento das boas práticas tanto em termos operacionais como a nível de competências de gestão, com o intuito de garantir a adequação dos recursos humanos às exigências do negócio.

A forma de actuação da *Wolverine* em relação ao plano anual de formação, procura desenvolver as suas actividades formativas, que conjuguem os seguintes três eixos prioritários:

- | | |
|---------------------------|---|
| 1º- INICIAÇÃO | Mediante a apresentação de acções de formação que permitam a instrução aos funcionários de noções e respectivas práticas com ou sem componente tecnológica, úteis às funções que desempenham. |
| 2º- ESPECIALIZAÇÃO | Mediante a apresentação de acções de formação que permitam aqueles que apresentam determinados conhecimentos no plano académico ou na prática laboral quotidiana, ou pelas duas vias, adquirir mais e melhores aptidões no exercício das funções que desempenham. |
| 3º- APROFUNDAMENTO | Mediante a apresentação de acções de formação que permitam aquisição de conhecimentos de minúcia sobre áreas de interesse em que os formandos desempenhem funções |

Durante a curta existência da *Wolverine* em Portugal, foram já ministradas as seguintes acções de formação:

- | | |
|--|--|
| ✓ 5 's | ✓ <i>Six-Sigma</i> |
| ✓ Métodos <i>Tagushi</i> | ✓ <i>SMED</i> |
| ✓ 8 D's | ✓ Gestão Comportamental |
| ✓ <i>FMEA</i> | ✓ Equipas Auto-Dirigidas |
| ✓ <i>TPM</i> | ✓ Liderança |
| ✓ Fábrica Visual | ✓ Inglês |
| ✓ Pnemática | ✓ Higiene e Segurança no Trabalho |
| ✓ Hidráulica | ✓ ISO 9001:2000 |
| ✓ Programação de automatós | ✓ ISO 14000 |
| ✓ <i>Auto-Cad</i> | ✓ <i>EMAS</i> |
| ✓ Formadores Internos | ✓ Formação individual para cada posto trabalho |
| ✓ <i>MBA</i> | ✓ Controlo Estatístico do Processo |
| ✓ Licenciatura em Engenharia de Produção e Gestão Industrial | |

Como se pode constatar, a formação levada a cabo pela *Wolverine* é dirigida a todos os departamentos mas, se nos focalizarmos apenas no Departamento de Manutenção, podemos concluir que, mesmo indirectamente, grande parte delas aplicam-se ao bom desempenho desse departamento.

Apesar de todas as acções de formação terem sido bastante importantes, e devido ao facto de se ter conseguido uma melhoria constante em todos os nossos processos, não se pode deixar de frisar duas acções de formação que revolucionaram a forma de pensar e de agir de todos os funcionários, e que envolveram os Departamentos de Manutenção, de Produção, e de Qualidade, e que obtiveram os maiores impactos na organização:

- **Equipas auto-dirigidas:** Com esta acção de formação conseguiu-se uma dinâmica nunca antes vista na organização. Com ela foi possível fazer com que todos os elementos da organização tomassem uma atitude diferente do habitual, isto é, deixaram de existir chefes de turno ou chefes de secção e todos os colaboradores passaram a ter funções e responsabilidades bem definidas, e a saberem o que é necessário fazer em qualquer tipo de situação. No início de turno sabem o que produzir e quando termina uma ordem de produção, sabem qual a seguinte. Em caso de anomalia do equipamento sabem quem deverão informar, em caso de anomalia no produto produzido sabem que têm que chamar os afinadores e o departamento de qualidade para verificar o que está produzido. Durante o turno de produção, sabem quais as quantidades exigidas para cumprir os objectivos e, no final do turno, sabem igualmente se os objectivos foram ou não cumpridos. Claro que nem tudo é um mar de rosas, e terá sempre que existir alguém na rectaguarda que vá verificando diariamente se o sistema se mantém em funcionamento para que não sofra desvios. Em relação ao Departamento de Produção, o seu funcionamento é similar, isto é, sabem quais as tarefas diárias a serem executadas, os níveis de segurança exigidos e, em caso de problemas com os equipamentos, conseguem determinar as prioridades correctas e, no final de cada tarefa, sabem quais os registos a preencher e onde os arquivar. Claro está, que também como na produção, torna-se necessário existir uma pessoa na rectaguarda que, sem estar demasiado visível, deverá ir acompanhando todo este processo. Estas pessoas que estão na rectaguarda, tanto na produção como na manutenção, cada vez têm mais confiança na equipa de trabalho, julgando-se que, daqui por algum tempo, todo o processo poderá funcionar sem acompanhamento, existindo apenas a obrigatoriedade de se realizarem auditorias ao sistema implementado.

- **TPM 5's:** Com esta acção de formação conseguiu-se também uma dinâmica nunca antes vista na organização. Consistiu em formar grupos de trabalho pelas diversas secções, sendo esses grupos constituídos por equipas multidisciplinares, isto é, constituídas por elementos pertencentes aos vários departamentos (Produção, Manutenção e Qualidade), onde têm como objectivo trabalhar em 4 áreas específicas:

1. Zero Acidentes
2. Zero Defeitos
3. Zero Avarias
4. Zero Desperdícios



Figura 20.1. – Quadros TPM - 5'S.

Para a realização deste projecto, foram elaborados painéis de visualização, que são constituídos por uma série de linhas e colunas e estão divididos verticalmente nas 4 áreas específicas (figura 20.1). No início, estes painéis eram apenas preenchidos com a colaboração dos elementos que constituíram as equipas multidisciplinares mas, com o tempo e a dinâmica introduzida em todos os funcionários, estes também passaram a dar sugestões e a colocá-las nos respectivos quadros.

1ª Linha	Coloca-se uma fotografia da parte do equipamento, local ou objecto que irá ter uma proposta de melhoria.
2ª Linha	Descrição do problema.
3ª Linha	Funcionário responsável pela execução da proposta.
4ª Linha	Proposta de melhoria.
5ª Linha	Data estimada para conclusão.
6ª Linha	Coloca-se uma fotografia da parte do equipamento, após ter sido executada a acção de melhoria.
7ª Linha	Quando a acção de melhoria está finalizada, a Direcção de Produção fecha o ciclo dando-a por concluída.

Após a 1ª, 2ª e 4ª linhas serem preenchidas pelo funcionário autor da proposta de melhoria, a Direcção de Produção verifica a sua viabilidade, tendo 3 opções para dar continuidade à proposta de melhoria, como se discrimina seguidamente:

1ª Se concordar com o item proposto e com a proposta de melhoria, comunica-se ao autor da proposta, inicia-se conforme a ordem de prioridades do momento, e estabelece-se um prazo de conclusão. Com esta decisão são preenchidas a 3ª e a 5ª linhas.

2ª Se concordar com o item proposto, mas não concordar com a proposta de melhoria, comunica ao autor da proposta a sua decisão e uma nova forma para resolver o item proposto. Da mesma forma, é preenchida a 3ª linha com o funcionário responsável pela sua exequibilidade, e a 5ª linha com a data esperada para a sua conclusão.

3ª Se a proposta não for aceite, deverá ser comunicado ao autor a sua inviabilidade e a razão pela qual não foi aceite.

Após a finalização da acção de melhoria proposta, deve-se fechar o ciclo, ou seja, é feita uma fotografia com a proposta concluída e que será colocada na 6ª linha, efectuando o Director de Produção uma rúbrica na 7ª linha, a qual assegura o encerramento do assunto.

PARTE III

CONCLUSÕES

21. PROPOSTAS DE MELHORIA

A organização e gestão da manutenção é um dos factores críticos de sucesso das empresas, pois tem uma implicação directa na vida útil dos equipamentos e das instalações, na segurança, na produtividade, na qualidade dos produtos produzidos, na rentabilidade económica dos processos produtivos, no cumprimento dos prazos de entrega, e na própria imagem da empresa.

Organizar a manutenção é um projecto interminável, dinâmico, e que pressupõe uma contínua organização de uma forma auto-sustentável. Na *Wolverine* este trabalho foi iniciado por áreas funcionais, onde se começaram por cadastrar todos os equipamentos e a elaborar as respectivas fichas de características técnicas, as fichas de manutenção preventiva sistemática, e os planos de rotinas de lubrificação e inspecção.

Na nossa opinião, conseguiu-se na *Wolverine*, nestes últimos anos, trabalhar de uma forma bastante diferente do que é prática comum nas restantes organizações, tanto no interior do grupo como comparativamente com as organizações que nos rodeiam. Claro que tudo isto não foi uma tarefa fácil, pois tornou-se bastante complexo conseguir-se fazer com que, por exemplo, os “simples” operadores de máquinas dessem o seu contributo para a melhoria contínua. Dizemos “simples”, pois era a forma como os próprios operadores se auto-denominavam. Foi necessário mudar mentalidades, tendo alguns ficado pelo caminho, pois não se conseguiram adaptar à realidade que estava a ser implantada no seio da organização, e outros, que estavam a ficar deslocados, concluíram que o melhor que tinham a fazer era aderir e contribuir, pois caso contrário também se iriam sentir marginalizados.

Todo este trabalho teve início com acções de formação nas áreas de liderança e, numa fase seguinte, em acções de formação com equipas auto-dirigidas, formação essa que teve início há três anos e que, logo desde o início, começou a dar os seus frutos, pois muitos funcionários começaram a sentir-se mais úteis e a sentirem-se como “peças” fundamentais dentro da organização. Note-se que, muitos deles até essa data, nunca tinham tido formação em outras empresas, e ficavam admirados quando viam que o seu posto de trabalho ficaria parado enquanto estavam na sala de formação.

Claro que, em três anos, “crescemos” muito, mas este crescimento não foi feito tão estruturadamente como o deveria ser, julgando-se que, em parte, foi devido à pequena estrutura da empresa, pois existe sempre a falta de recursos humanos. Após este tempo, e com esta fase de reflexão e estudo que esta dissertação de mestrado nos obrigou a ter, penso que poderíamos ter realizado esse crescimento de outra forma mas, como o que está feito, está feito, o que nos resta fazer é proceder à correcção de algumas situações.

Como forma dessa correcção, propomos então as seguintes acções:

a) Implementação de um *Software* de Apoio à Manutenção

Até à data, ainda não tinha sido possível parar um pouco e pensar acerca da estrutura de *software* que seria necessária para a nossa organização. Agora, e após o termo desta dissertação, podemos afirmar que estávamos errados quanto à necessidade de obter um *software* específico, pois o que precisamos é de um “**software standard**”, pois todos eles têm a capacidade de agrupar os equipamentos por secções, para cada um deles ter a respectiva

listagem de componentes com as respectivas referências e fornecedores, datas de compra e data de saída de *stock*, quantidades existentes em armazém, valor dos *stocks* em armazém. Todos eles têm a possibilidade de criar históricos por cada equipamento, podemos elaborar as respectivas folhas de ordem de trabalho, manutenção preventiva, dar entradas das mesmas com os respectivos tempos e materiais gastos, descrição dos trabalhos efectuados, funcionário responsável pela sua execução, assim como todas as manutenções correctivas e de melhoria. Tem-se a possibilidade de obter tabelas dinâmicas que nos dêem a informação que pretendemos, podendo-se inclusivamente cruzar informações.

O mais importante na compra de um *software* é ter-se a noção que a sua implementação é a parte mais árdua do processo, pois temos que ter consciência que teremos apenas um local onde toda a informação passa a estar reunida e para isso é necessário uma disponibilidade de recursos humanos para alimentar esta fonte de informação. Se alimentarmos esta máquina com informação correcta e necessária, ela vai-nos ser muito útil, pois passaremos a ter à nossa disposição imediata uma série de indicadores por equipamentos, poderemos consultar históricos, elaborar relatórios de tempos de trabalho gastos por equipamento, por pessoa, por empresas externas fornecedoras de serviços ou de peças, históricos por datas ou horas de substituição de peças, montantes gastos por cada equipamento entre datas ou entre número de horas de laboração, etc.

b) Re-elaboração de Todos os Manuais dos Equipamentos

Isto porque, conforme foi dito atrás, a grande maioria dos equipamentos foram executados pela própria *Wolverine* nos EUA, não sendo equipamentos que se possam adquirir em nenhum fornecedor, pois têm uma tecnologia apenas comum dentro do grupo e todos eles foram enviados sem manuais ou listagem de peças. Nos dois primeiros anos foram feitos alguns desenhos e uma listagem de peças por equipamento, mas com o passar do tempo e com as manutenções de melhoria que todos os equipamentos foram sofrendo, estes manuais estão completamente desactualizados. Desta forma, será necessário elaborar novos manuais, onde deverão constar os seguintes itens:

- Procedimentos de segurança
- Procedimentos de trabalho
- Registos de manutenção associados ao equipamento
- Boas práticas de afinação e manutenção
- *Trouble-shooting*
- Esquemas eléctricos
- Esquemas pneumáticos
- Esquemas hidráulico
- *Back-up* do *software*
- Listagem completa de componentes com as respectivas referências de mercado e fornecedor

Só após estes manuais estarem concluídos é que é possível passar-se para a implementação do *software*, na medida em que é necessária dessa informação.

c) Método de Gestão de Stocks

Neste momento tem-se um armazém com bastantes componentes em *stock*, mas tudo está feito através da nossa percepção, não existindo uma justificação concreta acerca do número necessário de componentes em *stock*. Com a implementação do *software*, passaremos a fazer uma análise dos componentes necessários, podendo até acontecer que se chegue à conclusão que se necessita de mais componentes em *stock*. Contudo, saberemos exactamente o que se dispõe em qualquer momento e não corremos o risco de pensar que se tem e, na realidade, quando chegamos ao local, constata-se que não existe em *stock* ou então tem-se uma duplicação de componentes, quando são utilizados em vários equipamentos.

d) Organização de Centros de Custo

Dentro do centro de custo actual, que é a manutenção, poderemos e deveremos subdividi-la por vários centros de custo, podendo assim obter-se uma informação mais precisa acerca dos tempos gastos pela manutenção nos diversos equipamentos, dos materiais consumidos e do valor de manutenção externa dispendida para os manter em boas condições de funcionamento.

e) Elaboração de um Manual de Procedimentos

Apesar do Departamento de Manutenção ter um sistema implantado onde, de uma maneira geral, se sabe o que fazer e quando o fazer, consideramos que estamos no momento onde deveremos ter toda essa informação documentada, isto é, deveríamos partir para a elaboração dos manuais de procedimentos. Este tipo de documento já foi implementado na produção e, da mesma forma, deveria ser implementado na manutenção, pois é a única forma de garantir que cada tipo de trabalho apenas é executado de uma determinada forma, e facilita a quando da entrada de novos funcionários para este departamento. Deixa de existir a forma de fazer diferente, dependentemente do colaborador que vai executar o serviço, e passamos a ter a certeza que um determinado tipo de trabalho apenas tem uma única forma de execução.

f) Novos Indicadores de Controlo da Manutenção

O conhecimento quantificado permite avaliar a evolução no tempo e fazer a comparação com as restantes empresas do grupo que se insiram no mesmo sector de actividade. Estes indicadores deverão abranger desempenhos técnicos e económicos.

g) Existência de Indicadores Comuns a Ambos os Departamentos

Com este item, pretende-se que exista uma maior interligação entre ambos os departamentos. Deveriam ser elaborados indicadores que fossem comuns a ambos os departamentos e que os incentivasse a trabalharem em sintonia, de forma a proporcionar a execução de novos

projectos e à geração de novas ideias e, principalmente, a criar uma dinâmica comum. Essa dinâmica já existe, tendo-se obtido bons resultados, contudo estamos a atravessar um momento de “*relax*” devido aos resultados que se têm alcançado, sendo necessário fazer algo de diferente para voltar a reanimar os recursos humanos e voltar a gerar novas ideias.

h) Formação em Planeamento de Experiências - *D.O.E.* “*Design of Experiments*”

Um dos problemas existentes no seio da nossa organização é a dificuldade que temos na elaboração de planos de experiências para encontrar a solução adequada para a execução de um *set-up* para as máquinas de alhetar, pois o número de variáveis é bastante elevado. Como forma de resolver este problema, estamos convictos de que seria adequado iniciar-se uma acção de formação em *D.O.E.*, pois o planeamento de experiências tem sido utilizado a nível mundial em muitas indústrias, sempre com o objectivo da melhoria contínua dos produtos e dos processos existentes. Com esta formação podemos poupar imenso tempo e dinheiro, uma vez que acelera e agiliza a selecção da melhor combinação possível de todos os parâmetros que temos ao nosso dispor no fábrica e na concepção dum determinado produto ou processo, e ao fazê-lo, fá-lo validando-o. O **DOE**, ajuda-nos a encontrar o número óptimo de experiências a serem realizadas. Define a menor amostra (o menor número de combinações dentro de todas as possibilidades), que é necessário fazer, e quais é que são essas combinações. Depois da experiência ter sido planeada, irão surgir respostas a perguntas tão cruciais como, por exemplo, qual é que é o número mínimo de testes que é necessário realizar, de maneira a garantir que os resultados sejam fiáveis, e como é que estes testes devem ser realizados.

A aplicação do **DOE** inclui 3 tarefas distintas:

1. Planeamento da experiência
2. Desenho da experiência
3. Análise dos resultados

Dentro destas, o desenho e a análise dos resultados são tarefas mais ou menos rotineiras, e que são idênticas, independentemente da dimensão da experiência. O passo mais importante é pois o planeamento. É esta fase que vai ter mais influência nos resultados finais, é aqui que entra o nosso conhecimento próprio do projecto em questão. É aqui que todas as decisões são tomadas pelo grupo de trabalho, nomeadamente; como é que se vai avaliar a performance das experiências, como é que os resultados vão ser medidos, quais são os factores que se pensa terem mais influência nos resultados finais, e quais as opções que se vão ter para cada um desses factores.

i) Passagem de Responsabilidades da Afinação para a Divisão de Manutenção

Após o resultado da acção de melhoria que está a ser posta em prática nas cabeças das máquinas de alhetar, devido ao baixo valor do *MTBF* e que, em relação às quais, estamos confiantes que iremos obter resultados bastante bons, iremos iniciar um novo tipo de

manutenção para este equipamento que irá passar pela análise de vibrações, pela termografia e por um acompanhamento mais eficaz da evolução dos parâmetros mensuráveis deste equipamento de forma a determinar a ou as causas raiz dos problemas. Considerei a opção de passar esta responsabilidade à divisão de manutenção, não porque os afinadores não sejam capazes de o fazer, pois para isso apenas seria necessário uma acção de formação e o devido acompanhamento durante um período de tempo, mas sim, porque tenho em mente outros planos para os afinadores e, desta forma, toda a parte mecânica, eléctrica, pneumática e hidráulica ficará à responsabilidade da divisão de manutenção, e os afinadores passarão a ter a responsabilidade de montagem de *set-up's* e ajustes de afinação nas máquinas de alhetar e, num futuro não muito distante, a secção de alhetar será constituída apenas por afinadores que também serão os operadores do equipamento.

j) **Implementação do *Lean Six-Sigma***

Pensamos que, após o “caminho percorrido” ao longo destes sete anos, onde tivemos sempre por base uma actuação na linha de ***Lean*** que é apoiada pela teoria ***Kaizen*** e, após as propostas de melhoria anteriores estarem terminadas, estaremos em posição para realizar a iniciação de um novo projecto que é ainda mais ambicioso, e que qualquer empresa anseia concretizar, ou seja, a metodologia ***Lean Six-Sigma***, cuja implementação permite aos seus utilizadores actuarem sobre os diversos processos existentes na empresa com a finalidade de atingirem uma maior fiabilidade, reduzirem os custos de operação, reduzir prazos de entrega, melhorar a coordenação entre departamentos, enfim, aumentar a competitividade. A estratégia consiste em fazer a conjugação da rapidez de execução do *Lean* com a eficácia, a robustez e profundidade do *Six Sigma*. A integração do *Lean* e do *Six Sigma* é necessária porque o *Six Sigma* por si só, não consegue melhorar o tempo de ciclo dos processos, e o *Lean* actuando igualmente de forma isolada, não actua no controlo da variabilidade e da capacidade dos processos, assim como não consegue equacionar e otimizar variáveis complexas dos processos.

Esta aplicação integrada apresenta as seguintes vantagens:

- Implementa acções de melhoria já no início do desenvolvimento do projeto
- Alinha as acções dentro de um abordagem *Lean*
- Permite várias fases de melhoria
- Amplia e maximiza os ganhos
- Simplifica a abordagem *Six Sigma*
- Actua na melhoria de problemas complexos (múltiplas variáveis)

O resultado final da implementação da metodologia *Lean Six-Sigma* para uma empresa representa:

- Maior lucro
- Aumento de competitividade
- Sustentabilidade de longo prazo

22. CONCLUSÃO

Concluimos esta dissertação com uma síntese de ideias acerca da Função Manutenção numa perspectiva futura, da autoria de Varela Pinto. Esta perspectiva, que demonstra a sua elevada experiência e competência, transmite-nos as seguintes ideias:

1. O desenvolvimento da automatização dos processos industriais, a evolução tecnológica dos equipamentos e a optimização do ciclo de vida do imobilizado, acentuam a tendência para a unificação das Funções Produção e Manutenção.
2. O aumento da produtividade, associado à crescente qualidade técnica e cultural dos trabalhadores, tornando-os mais aptos, motivados e polivalentes, tenderá a incluir na função de operador de produção cada vez mais acções de manutenção.
3. O desenvolvimento das técnicas de gestão, geradoras de uma cultura empresarial centrada na satisfação dos clientes através da qualidade, conduzirá ao desenvolvimento do trabalho em grupo em detrimento do trabalho individual.
4. O volume de intervenções de manutenção correctiva e preventiva a cargo dos operadores dos equipamentos irá aumentar significativamente.
5. Os técnicos de manutenção passarão a assumir cada vez mais as funções de operadores de equipamentos.
6. O pessoal especializado da manutenção irá actuar exclusivamente em trabalhos de elevada especialização tecnológica, e nas situações que obriguem à utilização de meios especiais de intervenção.
7. A tendência integradora das funções Produção e Manutenção irá conduzir a uma nova função que poderá ser designada por "Produmanutenção". Neste cenário previsível, os operadores dos equipamentos terão uma dupla responsabilidade- operar com os equipamentos e realizar a manutenção dos mesmos (manutenção "on-line"). Os especialistas da manutenção apenas serão solicitados em situações de elevada complexidade (manutenção "off-line").

Varela Pinto indica ainda quais os vectores que, provavelmente, irão nortear as decisões estratégicas dos responsáveis da manutenção:

8. Desenvolvimento e universalização da manutenção condicionada "on-line".
9. Desenvolvimento e aplicação de equipamentos com elevados graus de fiabilidade e manutibilidade.
10. Intensificação do grau de polivalência dos técnicos de operação e de manutenção.
11. Desenvolvimento da formação em gestão e engenharia da manutenção, ao nível do ensino superior .

12. Universalização da gestão e organização da manutenção assistida por computador.
13. Desenvolvimento da subcontratação “*off-line*”.
14. Desenvolvimento de sistemas de telemanutenção.
15. Emergência do capital humano como factor primordial de sucesso empresaria.

Após a leitura dos últimos 15 itens propostos por Varela Pinto, poderemos responder através de evidências ao longo do texto da dissertação ou através de acções que foram ou estão a ser postas em prática actualmente na empresa, com a seguinte correspondência:

1. Foi posto em evidência durante a dissertação que o número de funcionários tem vindo a diminuir devido à constante automatização dos equipamentos, o que levou a um aumento de produtividade e a um aumento de fiabilidade dos equipamentos
2. Através da cultura que está instalada na empresa, e através do *TPM*, cada vez mais os operadores dos equipamentos vão executando tarefas que antes eram executadas pela manutenção.
3. A política da empresa consiste em “**Exceder as Expectativas do Cliente e do Ambiente**”, conforme pode ser observado em todos os seus documentos.
4. Os operadores dos equipamentos estão permanentemente em formação contínua, com a finalidade de se conseguirem alcançar aqueles objectivos.
5. Na *Wolverine* não são os técnicos de manutenção que irão assumir cada vez mais as funções do operador, estando os operadores sujeitos a formação para afinadores, para que, no futuro, possamos ter operadores/afinadores que se encarregarão continuamente dos equipamentos, quer na produção quer na sua manutenção.
6. É cada vez mais patente que os técnicos de manutenção estão mais focados para os tipos de manutenção de elevada especialização e complexidade, cujas intervenções se tornam impossíveis de realizar por outros recursos humanos da empresa.
7. É evidenciado através da *TPM* e através da resposta à alínea 6.
8. Neste momento, já existem alguns procedimentos para manutenção condicionada, estando ainda contudo a ser executada por subcontratação.
9. Apesar de alguns equipamentos não serem recentes, estão a ser continuamente alvo de manutenções de melhoria, o que implica o aumento da sua fiabilidade e da sua manutenibilidade.
10. Poderá ser evidenciado ao longo da dissertação. No início da laboração da empresa, estavam previstos dois técnicos de manutenção por turno, um para a parte eléctrica, pneumática e hidráulica, e o outro para a parte mecânica. Todavia, passados dois anos, concluiu-se que bastaria apenas, mas com uma polivalência em todas as áreas, tendo

parte dos trabalhos passado a ser executados pelos afinadores e pelos operadores dos equipamentos..

11. Actualmente, a empresa está a transmitir formação a um funcionário da manutenção no curso de Engenharia de Produção e Gestão Industrial da Universidade Lusíada, em regime pós-laboral.
12. É um dos pontos de melhoria que foram propostos.
13. A empresa já recorre à subcontratação, sendo contudo um ponto onde se poderá ainda melhorar mas, para a sua concretização, o nível de profissionalismo das empresas subcontratadas também deverá ser melhorado.
14. Poderá ser mais um ponto de melhoria a propor. Neste momento não é prioritário, mas no futuro tudo poderá mudar.
15. Pode ser evidenciado através da constituição de equipas auto-dirigidas e dos quadros *TPM-5 S*. Através destes dois pontos, conseguiu-se desenvolver uma dinâmica dos recursos humanos que nunca se pensou ser possível. Estes recursos gostam não só de ser ouvidos mas também de dar sugestões de melhoria. Quando essas sugestões são aceites, é um elemento auto-motivador para o autor da ideia.

Para se terminar, em nossa opinião julgamos que estamos a desenvolver um bom trabalho a nível da conjugação da Função Manutenção com a Função Produção (PRODUMANUTENÇÃO) e, atendendo a que a Função Manutenção é indissociável da Função Qualidade, uma vez que existe já, na prática, uma tendência integradora de métodos e modelos de gestão empresarial que interligam ambos os departamentos, poderemos olhar um pouco mais longe no horizonte futuro, prevendo uma integração da Função Qualidade na “Produmanutenção”, dando origem provavelmente, como tudo indica, à **“QUALIPRODUMANUTENÇÃO”**

BIBLIOGRAFIA

- [1] Textos de apoio da autoria do Professor Carlos Cabrita.
- [2] José Saraiva Cabral, “Organização e Gestão da Manutenção. Dos Conceitos à Prática”, Lidel – Edições Técnicas limitada, Lisboa, 1998”.
- [3] <http://www.mit.pt>.
- [4] <http://www.eps.ufsc.br/disserta98/jerzy/cap2.htm>.
- [6] <http://www.otimaeg.com.br>.
- [7] Seiichi Nakajima, “Introduction to *TPM*”, Productivity Press, Inc – Cambridge, Massachusetts.
- [8] A. Courtois, M. Pillet, C. Martin, “Gestão da Produção”, Lidel – Edições Técnicas limitada, Lisboa, 1997.
- [9] Carlos Manuel Inácio da Silva, “A Função Manutenção na Empresa Industrial – Aplicação a um Caso Concreto de uma Grande Unidade Fabril”, Fundação Nova Europa – UBI, Covilhã, 2006.
- [10] Rui Assis, “Manutenção Centrada na Fiabilidade - Economia das Decisões”, Lidel – Edições Técnicas Limitada, Lisboa, 1997.
- [11] Rui Assis, “Apoio à Decisão em Gestão da Manutenção. Fiabilidade e Manutenibilidade”, Lidel – Edições Técnicas Limitada, Lisboa, 2004.
- [12] Carlos Varela Pinto, “Organização e Gestão da Manutenção”, Monitor, 1ª Edição, Portugal, 1999.