



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Mecânica



Aplicação da filosofia Lean na área da Manutenção

Vítor Armando de Almeida Murça
Bacharel em Engenharia Mecânica

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Orientador (es):

Prof. Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu
Prof. Doutor José Augusto da Silva Sobral

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Jorge Mendonça e Costa

Vogais:

Prof. Doutor José António Rocha Soares
Prof. Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu
Prof. Doutor José Augusto da Silva Sobral

Setembro de 2012

Agradecimentos

Agradeço aos orientadores da minha tese de mestrado, ao senhor professor Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu e ao senhor professor Doutor José Augusto da Silva Sobral que sempre estiveram disponíveis para me orientar. Em certos momentos de puro desespero, foram os meus orientadores que me disseram uma palavra amiga que me ajudou a seguir o melhor caminho. Se não desisti da tese de Mestrado devo aos meus orientadores por me encorajarem a seguir sempre para a frente, a eles, a minha gratidão imensa.

Agradeço aos meus pais Francisco e Ester por todo o apoio que sempre me deram ao longo da minha vida e em especial na Tese de mestrado.

Agradeço à minha mulher Cidália por estar sempre ao meu lado e me encorajar a acabar a minha Tese de mestrado.

Agradeço às minhas filhas por terem apoiado à maneira delas, por não ter estado o tempo devido com elas, devido a estar a estudar para concluir a Tese. Sem dúvida elas foram as mais sacrificadas.

Agradeço à minha irmã Ana Patrícia por me ter ajudado.

Agradeço à minha Tia Dora por apoiar sempre em tudo e sobretudo pelas palavras amigas que me deram muita coragem para seguir o meu caminho em frente.

Agradeço a todos os meus familiares, amigos, conhecidos e colegas por estarem sempre ao meu lado e por ajudarem-me em algumas dúvidas que tinha.

Agradeço à Professora Marta Almeida por me incentivar a estudar e entrar no Ensino Superior, se não fosse a minha professora nunca tinha seguido os estudos. Obrigado Professora Marta por todo o apoio que me deu.

Agradeço a Deus por ter chegado onde cheguei, duma certa forma por vezes fui encontrar forças onde não sabia que as tinha.

Resumo da Tese

A competitividade entre empresas e o preço excessivo dos produtos que os clientes não querem pagar, faz com que as empresas tomem medidas para evitar todo o tipo de desperdícios, rentabilizando ao máximo a sua cadeia de valor. A filosofia Lean foi uma das formas encontradas para identificar e eliminar alguns desses desperdícios, melhorando o processo produtivo e desta forma tornando as empresas mais competitivas.

O Lean tem várias ferramentas podendo ser aplicadas em diversas áreas. Uma dessas áreas é a manutenção, onde se pretende que os equipamentos operem sem interrupções e com uma produção de qualidade.

Algumas das ferramentas do Lean encaixam-se perfeitamente na área da manutenção para identificação de desperdícios, criação de valor, realização de planeamento, melhoria do sistema de trabalho na organização e até no próprio desenvolvimento dos trabalhadores.

A presente dissertação visa mostrar algumas das ferramentas mais comuns da filosofia Lean com aplicabilidade na manutenção industrial. As ferramentas utilizadas servem sobretudo para identificar os desperdícios e criação de valor nesta área. Esta dissertação visa melhorar o desempenho nas actividades de manutenção industrial, envolvendo também a produção, serviços administrativos e segurança, entre outros.

Com o presente trabalho ficou demonstrado que antes da aplicação da filosofia Lean os desperdícios eram enormes e pouco visíveis aos trabalhadores e administradores da empresa. Depois de se aplicar a filosofia Lean constata-se que os custos com os desperdícios diminuíram drasticamente.

Abstract

The competitiveness between companies and the excessive price of the products that customers do not want to pay, means that companies take action to prevent all types of waste, maximizing the most of your value chain. The Lean philosophy was one of the ways to identify and eliminate some of these wastes, improving the production process and thus making companies more competitive.

The Lean has several tools which can be applied in various areas. One of these areas is maintenance, where equipment is intended to operate without interruptions and with a quality production.

Some of the tools of Lean fit perfectly in the area of maintenance for waste identification, value creation, implementation planning, system improvement work in the organization and even the workers' own development.

This thesis aims to show some of the most common tools of Lean philosophy with applicability in industrial maintenance. The tools used primarily serve to identify the waste and creating value in this area. This thesis aims to improve performance in industrial maintenance activities, also involving the production, administrative and security, among others.

With the present work it was shown that before the application of Lean philosophy waste were huge and barely visible to employees and directors of the company. After applying the Lean philosophy appears that waste costs decreased dramatically.

Siglas e Abreviaturas

JIT – Just-In-Time

TPM – Total Productive Maintenance (Manutenção Produtiva Total)

TPS – Toyota Production System – (Sistema de Produção da Toyota)

SMED – Single-Minute Exchange of Dies (Troca Rápida de Ferramentas)

JIDOKA – Automação das máquinas com toque humano

Poka-Yoke – Mecanismo anti erro.

LPP – Lição Ponto a Ponto

JIPM – Japan Institute of Plant Maintenance

OEE – Overall Equipment Efficiency (Eficiência Global do Equipamento)

VSM – Value Stream Mapping (Mapeamento da Cadeia de Valor)

MTBF – Mean Time Between Failures (Tempo Médio Entre Falhas)

MTTR – Mean Time To Repair (Tempo Médio de Para Reparação)

MTTF – Mean Time To Failure (Tempo Médio de Falha)

EA – Equipment Availability (Disponibilidade)

IP – Indisponibilidade de Processo

CMFR – Custo de Manutenção por Facturação

Back Log – Futura carga de trabalho

KPIs – Key Performance Indicators (Indicadores de Desempenho)

CNC – Controle Numérico Computorizado

Índice

<i>Capítulo 1 – Introdução</i>	1
1.1 <i>Enquadramento</i>	1
1.2 <i>Objectivos da dissertação</i>	2
1.3 <i>Estrutura da dissertação</i>	2
<i>Capítulo 2 – Filosofia Lean na manutenção</i>	4
2.1 <i>Manutenção Industrial</i>	4
2.1.1 <i>Evolução Histórica da manutenção</i>	4
2.1.2 <i>Manutenção</i>	6
2.1.3 <i>Manutenção correctiva</i>	6
2.1.4 <i>Manutenção preventiva</i>	7
2.1.5 <i>Manutenção preditiva</i>	7
2.1.6 <i>Manutenção detectiva</i>	7
2.1.7 <i>Função estratégica da manutenção</i>	7
2.2 <i>Ferramentas Lean Aplicadas à manutenção</i>	10
2.2.1 <i>História do TPM</i>	10
2.2.2 <i>O que é o TPM</i>	11
2.2.3 <i>Manutenção autónoma</i>	12
2.2.4 <i>Motivos para se aplicar filosofia Lean numa Industria</i>	12
2.2.5 <i>Melhorias com a filosofia TPM</i>	12
2.2.6 <i>Perdas a eliminar com o TPM</i>	13
2.2.7 <i>Seis dimensões</i>	14
2.2.8 <i>Os oito pilares onde assenta a filosofia TPM</i>	15
2.2.9 <i>Implementação do TPM</i>	21
2.2.10 <i>Dificuldades na implementação da filosofia TPM</i>	27
2.3 <i>OEE – Overall Equipment Efficiency</i>	28
2.3.1 <i>Perdas do Sistema de produção e o cálculo OEE</i>	34
2.3.2 <i>OEE – Alguns Cuidados a ter em atenção</i>	36
2.4 <i>Desperdício na Manutenção</i>	36
2.4.1 <i>Desperdícios</i>	36
2.4.2 <i>Classes de desperdícios</i>	38
2.4.3 <i>Indicadores de desempenho</i>	39

2.4.4	<i>O Motivo da utilização dos indicadores de desempenho.....</i>	40
2.4.5	<i>Controlo de Custos através dos indicadores de desempenho.....</i>	41
2.4.6	<i>Níveis de Decisão.....</i>	42
2.4.7	<i>Tipos de indicadores de desempenho.....</i>	43
2.5	<i>Filosofia Lean.....</i>	43
2.5.1	<i>Origem do Lean.....</i>	43
2.5.2	<i>Quais os objectivos.....</i>	46
2.6	<i>Ferramentas Lean aplicadas à manutenção.....</i>	46
2.6.1	<i>Introdução de ferramentas.....</i>	46
2.6.2	<i>Ferramentas de diagnóstico.....</i>	48
2.6.3	<i>Ferramentas de identificação de desperdício.....</i>	48
2.6.4	<i>Ferramentas de criação de valor.....</i>	56
2.6.5	<i>Outras ferramentas Lean.....</i>	60
<i>Capítulo 3 – Metodologia Lean na área da manutenção.....</i>		64
3.1	<i>Manutenção Magra.....</i>	64
3.2	<i>Lean na manutenção.....</i>	65
3.3	<i>Desperdícios Lean na manutenção.....</i>	66
3.4	<i>Ferramentas Lean aplicadas ao caso de estudo.....</i>	67
3.5	<i>Utilização de indicadores de desempenho KPI nos desperdícios.....</i>	67
<i>Capítulo 4 – Caso de estudo.....</i>		72
4.1	<i>Apresentação da empresa.....</i>	72
4.2	<i>Manutenção existente antes da aplicação do Lean.....</i>	73
4.3	<i>Aplicação das ferramentas Lean.....</i>	74
4.4	<i>Manutenção depois da aplicação do Lean.....</i>	83
4.5	<i>Segurança.....</i>	84
4.6	<i>Segurança tanto para os trabalhadores como para as instalações.....</i>	85
4.7	<i>Custos.....</i>	87
4.8	<i>Comparação de custos antes e depois do Lean.....</i>	87
<i>Capítulo 5 – Conclusões.....</i>		89
<i>Bibliografia.....</i>		90

Índice de Figuras

<i>Figura 1 – Máquina a vapor Séc. XIX.....</i>	<i>4</i>
<i>Figura 2 – Pirâmide PQCDMS.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 3 – Os oitos pilar do TPM.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 4 – Quadro das habilidades</i>	<i>16</i>
<i>Figura 5 – PDCA.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 6 – Quadro 2 do PDCA</i>	<i>18</i>
<i>Figura 7 – As 12 etapas do TPM.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 8 – Implementação do TPM</i>	<i>24</i>
<i>Figura 9 – Diagrama espinha de peixe</i>	<i>28</i>
<i>Figura 10 – Índice de desempenho dos equipamentos.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 11 – OEE.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 12 – Quadro de classificação dos desperdícios</i>	<i>39</i>
<i>Figura 13 – Tabela de ferramentas Lean.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 14 – Mecanismo anti erro</i>	<i>55</i>
<i>Figura 15 – Mecanismo anti erro</i>	<i>55</i>
<i>Figura 16 – Ferramentas Lean para se aplicar no caso de estudo</i>	<i>67</i>
<i>Figura 17 – Níveis de indicadores</i>	<i>69</i>
<i>Figura 18 – Gráfico do tempo de paragem por avaria antes do Lean</i>	<i>74</i>
<i>Figura 19 – Ferramentas Lean</i>	<i>75</i>
<i>Figura 20 – Bancada desarrumada</i>	<i>76</i>
<i>Figura 21 – Máquina de corte no fim do trabalho.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 22 – Painéis para ferramenta.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 23 – Carro de ferramentas</i>	<i>79</i>
<i>Figura 24 – Armário de ferramentas</i>	<i>80</i>
<i>Figura 25 – Compressor de parafuso obstruído com produtos de stock</i>	<i>81</i>
<i>Figura 26 – Compressor de parafuso com o espaço à sua frente desimpedido.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 27 – Gráfico do tempo de paragem por avaria depois do Lean</i>	<i>83</i>
<i>Figura 28 – Gráfico de comparação do tempo de paragem por avaria depois do Lean</i>	<i>84</i>

Capítulo 1 – Introdução

1.1 Enquadramento

A competitividade, a mudança, a organização e a estratégia têm sido temas comuns, tanto no meio empresarial como no meio académico. As empresas têm estudado a melhor maneira de serem mais competitivas no mercado global, que enfrenta rápidas mudanças económicas e sociais. Segundo Hayes e Schemmer (1986), Skinner foi o pioneiro em destacar a importância da função da fabricação de produtos na estratégia global das empresas.

Nas décadas de sessenta a oitenta, a indústria Norte Americana (Estados Unidos da América) verificou um decréscimo das suas vendas devido ao desenvolvimento de países provenientes do continente Asiático, como o Japão, colocando um fim no conceito que existia até à década de sessenta, o trade-off custo/a qualidade, não se pode ter um produto de qualidade superior com um custo inferior. As empresas Japonesas para se afirmarem no mercado mundial, tiveram de investir em vários sectores, tais como: a formação de trabalhadores para resolverem problemas em conjunto com os colegas; terem trabalhadores mais cumpridores das suas funções, existir uma excelente comunicação interna desde a gestão de topo até aos trabalhadores; melhorar a organização no planeamento da produção (Paiva et al, 2004). A partir dos anos oitenta os conceitos como a melhoria continua em que o (Kaizen) é uma via, o Just-in-Time (JIT) e a manutenção produtiva total (TPM) começaram a chegar aos Estados Unidos da América propagando-se depois pelo resto do mundo. A afirmação destes conceitos e ferramentas deu origem a um novo modelo de produção, conhecida como produção magra aplicada no Sistema de Produção da Toyota (TPS), tornando-se uma mais-valia para as empresas que conseguiram implementá-la.

No início do século XX, os principais trabalhos de Frederik Winslow Taylor e Henri Fayol deram origem, respectivamente, à Escola da Administração Científica e Teoria Clássica. Enquanto Frederik Winslow Taylor estava empenhado em aumentar a eficiência da indústria por meio da formação dos trabalhadores, aumentando a sua especialização e por sua vez aumentando a produção, Henri Fayol estava preocupado em aumentar a eficiência da empresa por meio da sua organização e da aplicação de princípios gerais da administração nos conceitos científicos (Chiavenato I., 2003). Na Escola da Administração Científica os trabalhos realizados por Frederik Winslow Taylor, Grantt, Gilbreth e Henry Ford marcaram a organização do trabalho. A maior preocupação era aumentar a produtividade das empresas através da especialização dos

trabalhadores, pois quanto mais formações tivessem mais produziam e com maior qualidade, o que os desgastava. A atenção focava-se toda no método de trabalho, estudando o tempo dos movimentos necessários para execução de uma tarefa. Procurava-se todo o tipo de desperdício nos trabalhadores para eliminar e reduzir custos da produção. A aplicação dos estudos de Frederik Winslow e Taylor começou a afectar a rentabilidade dos trabalhadores, aparecendo assim os primeiros conflitos entre os trabalhadores e as administrações das fábricas (Liker, 2004). Com o aparecimento da produção magra e o Sistema de Produção da Toyota (TPS), o trabalho em série voltou a ser um tema de estudo, com um objectivo diferente da era de Frederik Winslow Taylor e Henry Ford. Neste novo estudo o líder é um membro participante do processo de elaboração e definição dos padrões de trabalho (Ohno, 1997) (Shingo, 1996).

1.2 Objectivos da dissertação

O objectivo do presente trabalho é contribuir para o desenvolvimento de instrumentos de gestão que permitam implementar uma Manutenção magra.

No entanto, tratando-se de um objectivo ambicioso e tendo em conta a complexidade inerente ao tópico sob investigação e as restrições temporais associadas a uma dissertação de Mestrado, a sua concretização nesta dissertação é focalizada na prossecução dos seguintes objectivos mais específicos:

- Caracterizar os macros processos associados à função manutenção e proceder à classificação das principais fontes de desperdício.
- Introduzir na área da gestão da manutenção os conceitos de Gestão Lean através da identificação de um conjunto de ferramentas que funcionam como pilares para a Manutenção Magra ou “*Lean Maintenance*”.
- Avaliar o impacto da aplicação das ferramentas Lean na melhoria do desempenho dos processos de manutenção através da análise de um estudo de caso concreto, desenvolvido numa organização específica.

1.3 Estrutura da dissertação

No primeiro capítulo descreve-se o enquadramento da dissertação e a sua utilidade no meio industrial. Mostra-se resumidamente como será constituída a estrutura do presente documento nos restantes capítulos.

No Segundo capítulo fala-se da evolução histórica tanto do Lean como da manutenção. É feita uma breve abordagem do desenvolvimento da manutenção e do Lean ao longo dos tempos. São abordadas algumas ferramentas Lean, algumas das quais com aplicação na manutenção.

No terceiro capítulo é feita uma abordagem das ferramentas do Lean com aplicabilidade na manutenção, que serão depois aplicadas ao caso de estudo. Mostra-se neste capítulo quais as ferramentas que identificam o desperdício e as que criam valor.

No quarto capítulo é descrita a actividade da empresa onde se irá implementar o caso de estudo com as ferramentas referidas no terceiro capítulo. Será referido o Lean e a sua aplicação e formação aos trabalhadores na empresa. Será mostrado como se irá implementar as ferramentas Lean, as de identificação de desperdício e as de criação de valor. Também será referida a segurança dos trabalhadores do meio ambiente e instalações. Será feita uma comparação entre o antes e o depois da implementação nos custos na empresa.

No quinto capítulo são apresentadas as conclusões do estudo da implementação das ferramentas Lean no sector da manutenção da empresa onde se aplicou o caso de estudo. Serão propostos alguns trabalhos futuros, pois tal como o Lean diz *“temos de melhorar sempre mesmo que já tenha sido melhorado”*.

Capítulo 2 – Filosofia Lean na manutenção

2.1 Manutenção Industrial

2.1.1 Evolução Histórica da manutenção

Para se saber como a manutenção evoluiu, tem-se de recuar no tempo até ao início do século XX, isto para se saber como era vista e era utilizada a manutenção. A evolução histórica da manutenção está dividida por quatro fases. Vejamos alguns dos momentos mais marcantes da evolução da manutenção.

1ª Fase – Vai até ao ano de 1914, onde a manutenção tinha pouca importância, era considerada como secundária no processo produtivo, as indústrias da época não tinham equipas especializadas em manutenção e as indústrias trabalhavam obtendo a máxima produção das máquinas até que estas avariassem ou parassem definitivamente.

A partir da Primeira Guerra Mundial, as indústrias de um modo em geral, querendo manter uma produção mínima, criaram um órgão, subordinado à produção. O objectivo básico era fazer manutenção correctiva dos equipamentos, ou seja, quando os equipamentos por algum motivo parassem de produzir, a manutenção era accionada para fazerem a devida reparação, voltando assim ao processo produtivo, o que para a época era o suficiente. A procura de serviços até então era pequena, devido às máquinas serem sobredimensionadas e robustas, o que garantia uma longa vida útil. É mostrado na Figura 1 uma máquina a vapor desse tempo.



Figura 1 – Máquina a vapor Séc. XIX
(fonte: <http://www.adazi.lv/page/150>)

2ª Fase – A situação apresentada na primeira fase, era a época do “avaria-repara”, mantendo-se assim até aos anos 30, quando em função da Segunda Guerra Mundial, a necessidade de

aumentar a produção e a sua rapidez, apontando assim para o abastecimento de uma procura crescente, as indústrias nos seus órgãos máximos, decidiram criar um departamento de manutenção, para que houvesse uma preocupação não só em corrigir as avarias mas também em evitá-las. Nesta época começou-se a pensar como se poderia manter o sector daí em diante, ou seja, o que a manutenção devia fazer para que as máquinas pudessem produzir o maior número de peças.

3ª Fase – De 1940 a 1970, com o desenvolvimento da aviação comercial, houve uma expansão de critérios de manutenção preventiva, uma vez que não havia a possibilidade de executar a manutenção correctiva num avião com este em pleno voo. Esta fase é considerada a mais importante, já que possibilitou a manutenção ter mais qualidade. A manutenção passava a ser vista de outra forma, de uma função de reparar os equipamentos, para uma função mais qualificada (mais técnica), como é o caso de análise de falhas de equipamentos, antecipando-se aos problemas ou falhas.

Nos finais dos anos sessenta início dos anos setenta, apareceram os primeiros computadores constituídos por enormes caixas do tamanho de uma casa e muito lentos, com poucas funções.

4ª Fase – De 1970 até aos dias de hoje, com o aumento da indústria e a expansão dos computadores, sendo mais rápidos com softwares potentes, a manutenção passou a estar inserida nos processos mais sofisticados, tais como de controlo e análise, utilizado no dia-a-dia. A manutenção não é só utilizar as caixas de ferramentas para a reparação das máquinas avariadas, mas também, antecipar-se às falhas e determinar os melhores e mais económicos períodos para a execução da manutenção preventiva, que na maioria dos casos deixa de ser apenas baseada no tempo.

Estes critérios são conhecidos também como controladores informativos, que visam prever ou monitorizar a condição dos equipamentos. Colocam a manutenção numa situação controlada e consequentemente mais económica para as empresas, com impacto na produção e principalmente com mais segurança para os trabalhadores e para o meio ambiente.

A 4ª Fase apareceu no início nos anos setenta com a tecnologia existente nessa altura. Com desenvolvimentos dos computadores melhorou-se e modificou-se a manutenção.

- Nos anos setenta apareceu a manutenção **preventiva condicionada** que consiste em executar a manutenção nos componentes só quando existe necessidade. É uma manutenção preventiva, subordinada a um tipo de acontecimento predeterminado

(autodiagnóstico), a informação é dada por um sensor assim que se verifique um desgaste ou outro indicador que possa revelar o estado de degradação do equipamento.

- A **manutenção produtiva total**, mais conhecido pelo **TPM** apareceu nos anos oitenta no Japão (o TPM está descrito mais à frente).
- A **gestão produtiva total** apareceu nos anos noventa, é uma ferramenta de gestão na eliminação das perdas industriais.
- No ano dois mil apareceu a **e-Maintenance** é a aplicação do TIC (informação e comunicação de tecnologias) na indústria dentro da estratégia da manutenção.

2.1.2 Manutenção

Segundo a NP EN 13306 de 2007, manutenção é a combinação de todas as acções técnicas, administrativas e de gestão, durante um ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida. Ainda segundo a mesma norma, a gestão da manutenção são todas as actividades de gestão que determinam os objectivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção e que os implementam por diversos meios tais como o planeamento, o controlo e supervisão da manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspectos económicos.

Segundo Kardec et al (2003) a manutenção é muito importante na indústria para que se produza o maior número de produtos sem que os equipamentos se avariem.

2.1.3 Manutenção correctiva

Segundo Kardec et al (2003) manutenção correctiva pode ser dividido em dois grupos, nomeadamente manutenção correctiva não planeada e manutenção correctiva planeada. Manutenção correctiva não planeada é a correcção da avaria após um problema, que afecta em parte ou todo o equipamento. Para Xenos (1998) este processo causa à empresa um grande custo relativo à manutenção das máquinas. O custo mais elevado é quando a produção pára, tendo custos com a paragem, estando em causa a qualidade e prazos de entrega dos produtos aos clientes.

Manutenção correctiva planeada (Manutenção diferida) é a correcção programada ou acompanhada através de métodos preditivos ou detectivos, até que a intervenção seja possível, sem afectar directamente a produção, (Kardec et al, 2003).

2.1.4 Manutenção preventiva

Manutenção preventiva é a manutenção efectuada com a intenção de reduzir ou evitar a avaria do equipamento. Para isso utiliza-se um plano antecipado, com intervalos de tempo definidos, independente da real necessidade, cujo objectivo será os cuidados preventivos que sejam de evitar as falhas (Kardec et al, 2003).

2.1.5 Manutenção preditiva

Manutenção preditiva é aquela que aponta para a realização de ajustes nas máquinas ou equipamentos apenas quando elas necessitam, porém sem que elas avariem ou parem. Com um acompanhamento directo e constante, é possível prever falhas e saber quando será necessário fazer uma intervenção (Kardec et al, 2003).

2.1.6 Manutenção detectiva

Manutenção detectiva é executada com um método de protecção, detectando possíveis falhas ocultas ou não visíveis à equipa de manutenção (Kardec et al, 2003). Chama-se a atenção para o facto de este tipo de manutenção não existir na Norma Portuguesa, NP EN 13306:2007.

Segundo a Norma Portuguesa, manutenção preditiva é a manutenção condicionada efectuada de acordo com as previsões extrapoladas da análise e da avaliação de parâmetros significativos da degradação do bem (NP EN 13306, 2007).

2.1.7 Função estratégica da manutenção

A manutenção é uma combinação de acções técnicas, incluindo as de verificação, destinadas a manter ou reparar um bem de um equipamento, para que possa desempenhar a sua função.

Kardec et al (1998) define manutenção como *“Garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a que um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com fiabilidade, segurança e custos adequados”*.

Segundo Marçal (2004) a manutenção existe para que um equipamento desempenhe as funções para as quais foi projectado tendo em conta que o envelhecimento cria um desgaste nos seus órgãos.

A manutenção pode desempenhar uma função importante na melhoria da produção, melhorando a sua organização e evitando problemas relacionados entre os vários departamentos das empresas, deixando de ser um mal necessário (Marçal, 2004). Existe uma procura de melhorar os resultados e a redução de custos, para se sobreviver num mundo que está em constante mudança. Para isso todos os departamentos, como a manutenção, deveriam fazer parte da estratégia das empresas, para estarem directamente ligadas à qualidade dos produtos.

Segundo Faria (1994) o principal objectivo de uma empresa é a obtenção de lucro, diferença entre ganhos e despesas, os departamentos que geram ganhos são os da produção e marketing, e os departamentos da manutenção e compras são responsáveis pelas despesas. Devido a estes factos as direcções das empresas não dão o devido valor, sobretudo à manutenção.

O plano de manutenção é citado por Kardec (1998) como *“pensar e agir estrategicamente, para que a actividade da manutenção se integre de maneira eficaz ao processo produtivo, contribuindo, efectivamente, para que as empresas caminhem num rumo ao bom sucesso empresarial”*.

Segundo Kardec (1998) no tempo em que se vive, o departamento de manutenção não deve ser considerado como o que realiza as manutenções, mas sim deve trabalhar com um processo de desenvolvimento, de planos de manutenção para que os equipamentos não avariem. O departamento de manutenção deve ser considerado como parte dos processos estratégicos.

Segundo Kardec (1998) o departamento de manutenção tem objectivos:

- Aumento da disponibilidade
- Aumento do lucro
- Aumento da segurança dos trabalhadores e das instalações
- Redução da procura de serviços
- Redução de custos

- **Tipos de Manutenção**

Segundo Katz e Kahn (1978) numa empresa, a estratégia da manutenção está relacionada com método de utilizar adequadamente os recursos físicos, humanos e financeiros, tendo em vista a redução dos problemas e o aumento das oportunidades. A estratégia deve ser sempre uma opção económica viável, quanto possível e original, tornando-se uma das melhores ferramentas para a empresa utilizar nos seus recursos. Assim as empresas tornam-se altamente competitivas, superam a concorrência, reduzem os seus problemas e aproveitam as oportunidades que possam aparecer.

Dentro do processo da produção, está agregada muitas vezes à manutenção, neste caso designando-se por manutenção descentralizada.

A manutenção existe em quase todas as empresas, podendo apresentar-se vários modelos de processos, estruturas, direcções, tipos de serviços, operações e principalmente processos de manutenção, que se diferenciam entre si.

De acordo com os autores Katz e Kahn (1978), a manutenção deve ser uma função estratégica e principalmente considerada por todos da organização. Dentro do processo e estrutura do departamento a manutenção deve ser tida em consideração para se atingirem os objectivos de crescimento e vantagem competitiva satisfatória.

O processo de descentralização da manutenção deve ser muito bem estudado, apresentado de forma estruturada a toda a produção e à equipa de manutenção, onde é necessário o acompanhamento das equipas, para que a resistência criada por qualquer tipo de mudança não comprometa o sucesso do projecto.

Tavares (1999) cita “ *a manutenção acaba por se dividir da seguinte maneira*”

- **Centralizada:** o departamento de manutenção é administrado pelo director responsável que coordena todas as etapas de manutenção, engenharia de manutenção, manutenção preventiva e preditiva.
- **Descentralizada:** o departamento de manutenção está dividido em sectores fabris, que são independentes, sendo administrados pela produção, utilizada na maioria dos casos por empresas petrolíferas.

- **Mista:** é a união das duas formas de manutenção, centralizada e descentralizada. Na maioria das empresas, a divisão dá-se entre a engenharia da manutenção e a manutenção de linha. A direcção da manutenção organiza a engenharia da manutenção, a produção administra os técnicos da linha.

A estrutura descentralizada tem o objectivo de aproximar as equipas de manutenção com as de produção, redução de perdas na linha, redução das distâncias entre as unidades de produção, melhorar o relacionamento dos trabalhadores, separando os departamentos, criando valor nas empresas.

Kardec (1998) cita, *“de um modo generalizado, as empresas actuais procuram estruturas de manutenção mais magras. Entende-se que é necessário a eliminação de níveis de chefia, adoptar polivalência tanto na área de operações como de manutenção, contratação de empresas parceiras, juntarem os departamentos de electricidade, automação, mecânica. Estes factores reduzem muita mão-de-obra”*.

2.2 Ferramentas Lean Aplicadas à manutenção

2.2.1 História do TPM

A Manutenção Produtiva apareceu nos Estados Unidos da América nos finais dos anos quarenta início dos anos cinquenta. Este conceito era caracterizado pelo desenvolvimento de técnicas de manutenção preventiva sistemática para melhorar a fiabilidade dos equipamentos. A Manutenção Produtiva Total (TPM) não é mais do que o conceito inicial modificado e melhorado para se ajustar ao ambiente industrial Japonês.

No ano de 1953 um grupo de vinte empresários Japoneses juntaram-se para fazer investigação, em 1962 deslocaram-se aos Estados Unidos da América para observar a “manutenção produtiva Americana”. Esta missão deu origem à criação do Japan Institute of Plant Engineers (JIPE), antecessor do Japan Institute of Plant Maintenance, criado em 1969. A Ninppondenso (empresa fornecedora de componentes à Toyota) foi a primeira companhia Japonesa a introduzir a manutenção preventiva nos equipamentos das suas linhas de produção.

2.2.2 O que é o TPM

Segundo Willmott e Mccarth (2001) o TPM é uma filosofia ou uma forma de pensar da manutenção, que traduz um novo conceito de como manter uma instalação ou um equipamento. O TPM é um método de gestão que identifica e elimina as perdas existentes nos processos produtivos, maximiza a utilização do activo industrial e garante a geração de produtos de alta qualidade a custos competitivos. Desenvolve conhecimentos capazes de reeducar as pessoas para acções de prevenção e melhoria contínua, garantindo a fiabilidade dos equipamentos e da capacidade dos processos, sem investimentos adicionais.

Segundo Ribeiro, H. (2007), traduzindo TPM para a língua inglesa Total Productive Maintenance.

Total – quer dizer que todos os colaboradores são envolvidos em todas as actividades com o objectivo de eliminar todos os acidentes, defeitos e falhas (desperdícios).

Productive – as acções são realizadas enquanto a produção é contínua, os problemas para a produção são minimizados.

Maintenance – mantém uma boa condição dos equipamentos reparando, limpando e lubrificando.

Com estes procedimentos consegue-se aumentar a produção e simultaneamente levantar a moral e a satisfação no trabalho dos colaboradores.

Os tempos de paragem para a manutenção são planeados com o processo produtivo e em conjunto encontra-se o tempo ideal para se parar a produção e proceder-se à manutenção dos equipamentos. Desta forma pretende-se transformar ou reduzir ao mínimo possível a manutenção de urgência (manutenção correctiva) (Ribeiro 2007).

Para se aplicar o TPM, primeiro tem de se providenciar a melhor formação aos trabalhadores tanto na área da manutenção como área da produção, envolver todos para trabalhar em equipa e dialogarem entre si. Os trabalhadores são os melhores conhecedores e informadores dos equipamentos, podem descrever e transmitir todas as anomalias, muito antes de acontecerem as avarias. Tem de se melhorar o sistema de manutenção planeada existente e aumentar a eficácia global dos equipamentos (Nakajima, 1989).

Com a aplicação da filosofia TPM consegue-se evitar gastos desnecessários, normais num ambiente constante de mudança económica, produzir bens sem reduzir a qualidade dos mesmos, reduzir custos e produzir mais quantidade em menos tempo. Os produtos entregues aos clientes não contêm defeitos (Shirose, 2000).

2.2.3 Manutenção autónoma

A Nippondenso, que então já seguia a manutenção preventiva, adicionou a manutenção autónoma, designada por ser realizada pelos próprios trabalhadores dos equipamentos (Robinson e Ginder, 1995).

Segundo Seiichi Nakajima o fundador do TPM cita de uma forma simples que a “*Manutenção Produtiva Total é levada a cabo por todos os trabalhadores em pequenas actividades de grupo*”. De acordo com os princípios da filosofia TPM, a responsabilidade pela optimização dos equipamentos não reside apenas no departamento de manutenção, mas em todos os trabalhadores.

2.2.4 Motivos para se aplicar filosofia Lean numa Indústria

Segundo Suzuki (1992), a adopção de uma abordagem de ciclo de vida na melhoria do desempenho global dos equipamentos de produção, prolonga a vida dos equipamentos. A melhoria da produtividade é alcançada através de colaboradores altamente motivados, resultado do alargamento das suas responsabilidades. A utilização de pequenos grupos de trabalho em actividades como a identificação das causas das avarias ou análises de potenciais modificações na instalação de equipamentos ajuda a manter a máquina sempre operacional. O que faz a distinção entre TPM e outros conceitos é o empenho dos trabalhadores no processo de manutenção. O conceito de “*eu opero (Operação de Produção) e tu reparas (Departamento de Manutenção)*” não é aplicado na filosofia do TPM.

2.2.5 Melhorias com a filosofia TPM

A implementação do TPM acabou por trazer mais-valias para indústria, assim se mostra nos pontos seguintes (Nakasato, 1994):

- Aumento da confiança entre todos os trabalhadores.
- Locais de trabalho mais, limpos, arrumados, organizados, e atractivos.
- Mudança favorável na atitude dos trabalhadores.
- Alcançar objectivos através do trabalho em equipa.
- Expansão horizontal de um novo conceito em todas as áreas da organização.
- Troca de conhecimentos e experiências.
- Os trabalhadores ficam com um sentimento de posse relativamente aos equipamentos.

2.2.6 Perdas a eliminar com o TPM

Segundo Shirose (2000), identificam-se os vários tipos de perdas existentes numa indústria em:

- Perdas por avaria – paragem acidentais.
É uma das causas que mais afecta a eficiência dos equipamentos. Pode ser medida através da fiabilidade dos bens.
- Perdas por mudança de produto (afinações de equipamentos).
Perdas por paragem devido à necessidade de mudança de produto. Em geral é necessário afinar-se os equipamentos para o novo produto.
- Perdas devido a moldes e ferramentas.
Perdas resultantes do desgaste das ferramentas ou moldes usados no processo produtivo, os produtos ficam com anomalias.
- Perdas por pequenas paragens (funcionamento sem carga)
As pequenas paragens resultam de problemas instantâneos onde o equipamento pára ou ópera em vazio (Ex. encravamento de uma peça, atrasos ou paragens a jusante).
- Perdas por quebra de velocidade (aumento do tempo de ciclo).
Resulta da diminuição da velocidade de processamento relativamente à velocidade nominal. O tempo de ciclo irá aumentar, reflectindo-se por menor produção por unidade de tempo.
- Perdas por produtos com defeitos.

Perdas originadas pela detecção de produtos sem qualidade. Pode ser consequência de uma má afinação do equipamento ou uma má afinação do mesmo ou desgaste nas ferramentas.

- Perdas no arranque dos equipamentos.

Muitos equipamentos necessitam de um período de arranque até a estabilização do processo, perdendo-se em alguns casos uma parte da produção.

2.2.7 Seis dimensões

Segundo Nakasato et al, (1994) existem benefícios em seis dimensões, utilizando a sigla PQCDMS para as referenciar:

- Productivity – Produtividade
- Quality – Qualidade
- Cost – Custos
- Delivery – Serviços
- Safety – Segurança
- Morale – Moral



Figura 2 – Pirâmide PQCDMS
Autor (Sobral, 2011)

Deve existir um equilíbrio entre estas seis dimensões. Não adianta ter uma produção muito boa se os custos forem superiores aos dos seus concorrentes. Da mesma maneira, uma empresa não existirá se tiver custos mais baixos e uma qualidade muito boa, não conseguindo atender todas as encomendas nos prazos de entrega estabelecidos com os clientes (Nakasato et al, 1994).

Alem de medirem o resultado final, esses indicadores servem para avaliar o desempenho de todas as etapas da cadeia produtiva. Embora algumas dessas dimensões não sejam visíveis, ou tangíveis, ao cliente, o equilíbrio entre essas dimensões de indicadores de desempenho, determina o nível de produtividade da empresa (Nakasato et al, 1994).

Indicadores do TPM

- Produtividade – Valor acrescido, aumento da produtividade, eficiência das actividades.

- Qualidade – Dos próprios equipamentos, das actividades executadas, excelência da tecnologia disponível e dos produtos comercializados ou serviços prestados.
- Custos – Da infra-estrutura, dos projectos, da concorrência, dos bens adquiridos, etc.
- Serviços – Tempo de entrega.
- Segurança – Das pessoas, do meio ambiente e das instalações (Património)
- Moral – Capacidade técnica da formação de trabalhos e reconhecimento pelo esforço e competência.

Resultados

- Produtividade – Aumento da produtividade líquida e eficácia global e redução do número de avarias nos equipamentos.
- Qualidade – Redução das taxas de defeito nos processos, das reclamações e devoluções.
- Custos – Redução do custo da produção, menos produtos com defeitos.
- Serviços – Redução de Stock de produtos e trabalhos em curso.
- Segurança – Zero acidente, zero incidentes de produção.
- Moral – Sugestões de melhorias, cada trabalhador é que sabe como melhorar o equipamento para tirar a maior produção.

2.2.8 Os oito pilares onde assenta a filosofia TPM

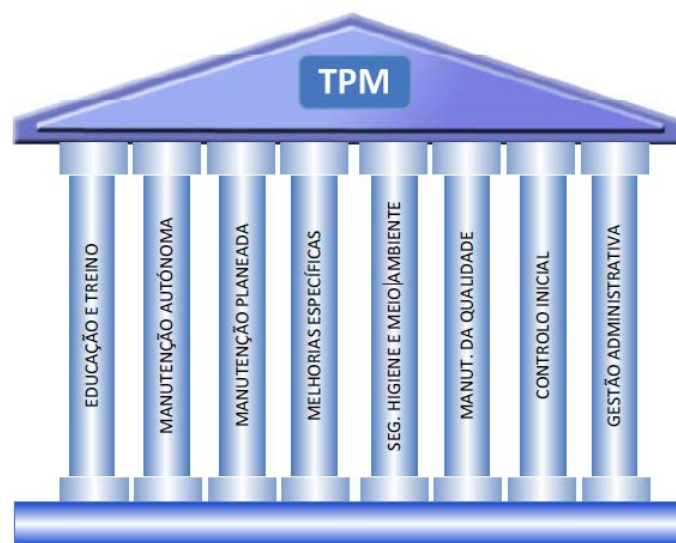


Figura 3 – Os oito pilares do TPM
Autor (Sobral, 2011)

Segundo Sobral (2011), o desenvolvimento da filosofia TPM é suportado por actividades que podem ser representados por oito pilares de sustentação. Cada pilar encontra-se inserido num sistema de gestão integrado.

- 1) Pilar – Educação e Treino – Nenhum dos pilares é bem sucedido se os trabalhadores não estiverem em constante aprendizagem.

O objectivo deste pilar é aperfeiçoar a habilidade de todos os trabalhadores que contribuem para a melhoria do desempenho da organização.

É normal utilizar-se a técnica do LPP (Lição ponto a ponto) e a matriz de habilidades.

O LPP consiste num trabalhador transmitir o conhecimento que possui sobre um ponto específico a outro colega no próprio local de trabalho, de uma forma clara, rápida e o mais prático possível.

O objectivo desta ferramenta não é treinar o trabalhador que não tem formação, mas partilhar pequenos e importantes conhecimentos sobre a regulação do equipamento ou o desenvolvimento de um processo.

A matriz de habilidades consiste em efectuar o cruzamento das habilidades necessárias para realizar uma tarefa com habilidades que o trabalhador possui.

Podem ser especificadas cinco fases no desenvolvimento das habilidades:

Habilidade – *“Capacidade ou destreza que uma pessoa possui para executar uma determinada tarefa”*.

Nível 0	Não sabe executar uma actividade Tem falta de conhecimentos
Nível 1	Tem conhecimento da teoria Falta de treino
Nível 2	Consegue até certo ponto Falta de treino
Nível 3	Consegue com segurança Aprendeu a executar
Nível 4	Consegue ensinar os colegas Domínio perfeito

Figura 4 – Quadro das habilidades
Autor (Sobral, 2011)

Comparando os dados, identificam-se as necessidades de formação e treino de cada trabalhador, é necessário saber se existe algum trabalhador dentro da equipa que possa dar essa formação.

- 2) Pilar – Manutenção Autónoma – Organização dos trabalhadores em pequenos grupos (grupos autónomos) tem como finalidade cuidar dos seus equipamentos, identificar perdas e implantar melhorias.

Os trabalhadores aprendem a realizar actividades de limpeza, inspecção e lubrificação aos seus equipamentos.

Com estas acções as paragens ligadas à falta de limpeza e lubrificação são eliminadas, aumentando a produção.

Durante as acções de inspecção os trabalhadores identificam os problemas dos seus equipamentos, começando os diagnósticos por ser em grande parte baseados nos sentidos (olfacto, audição, tacto e visão), posteriormente evoluindo para uma inspecção baseada em conhecimento, adquirido em programas de formação e treino.

Com o tempo, os trabalhadores começam a ficar capacitados para realizar pequenas reparações nos equipamentos em que laboram.

Os trabalhadores identificam quais são as maiores perdas do equipamento e propõem melhorias no sentido de as reduzir (ou mesmo eliminar) e melhorar a produção.

- 3) Pilar – Manutenção Planeada – Com uma manutenção planeada os esforços são realizados na perspectiva proactiva e não numa postura reactiva.

O objectivo é de obter “*zero avarias*”, melhorar a fiabilidade e a manutibilidade, reduzir os custos com a manutenção e assegurar a disponibilidade de peças de reserva (sobressalentes), aplicando a manutenção mais adequada a cada equipamento.

Os trabalhadores da manutenção também são responsáveis por treinar os trabalhadores da produção (operadores) no que se refere a pequenas acções de manutenção (manutenção autónoma).

Deve ser feita uma avaliação dos equipamentos, incluindo análise de degradação e a melhoria de pontos fracos.

Na manutenção planeada é normal existir um sistema de informação onde se preparam as intervenções para cada equipamento, cumprindo programas e atribuindo recursos (materiais e humanos), resultando num mapa (planeamento).

Todas as actividades deverão ser sujeitas a um ciclo de controlo para aferir os programas, recursos, momentos de intervenção, custos e outros indicadores se encontrarem otimizados.

- 4) Pilar – Melhorias específica – Ajuda a enfrentar as grandes perdas da organização. Consiste em identificar a maior perda de um equipamento ou processo (produtivo ou administrativo), abordar essa perda de uma forma sistemática até que a mesma seja extinta.

Nesta vertente são também constituídos grupos de trabalho, sendo por vezes necessária a ajuda de especialistas para identificação das perdas (equipa multidisciplinar).

A ferramenta mais utilizada neste pilar é o formulário CAPDo. Consiste em verificar o estado actual, como está hoje o processo, quais os problemas, o que se está a fazer para que a perda não aconteça, definir uma meta, planear acção e executá-las.



Figura 5 – PDCA
Autor (Sobral, 2011)

C – Check	Analisar e estudar os problemas até aos mínimos detalhes até que a causa fundamental da perda seja descoberta. O nome melhoria específica significa escolher um assunto específico de cada vez. Nesta etapa são definidas as metas para o grupo.
A – Analyze	Descobrir as causas do problema, ou seja, determinar o porque da perda estar a acontecer. Nesta fase pode ser utilizada a técnica dos “Porquês”.
P – Plan	É a etapa do planeamento das acções.
DO – DO	Fazer, ou seja, executar acções e analisar os resultados obtidos. É muito importante quantificar os ganhos em custos

Figura 6 – Quadro 2 do PDCA
Autor (Sobral, 2011)

- 5) Pilar – Segurança Higiene Ambiente – As actividades são centradas na prevenção de acidentes, para as pessoas, equipamentos e ambientais.

O objectivo é eliminar as condições inseguras e os actos inseguros.

As condições inseguras referem-se a questões físicas que podem causar acidentes, em, pessoas, equipamentos (falta de protecções, sensores de protecção danificados, etc.), que podem ser eliminados através de reparações ou melhorias.

Os actos inseguros normalmente referem-se a incumprimentos de regras ou normas (ex. trabalhador desliga um sensor de segurança).

As acções desenvolvidas baseiam-se em programas de consciencialização e acções de formação.

Há que identificar e conhecer os potenciais incidentes e acidentes, sendo uma das tarefas dos grupos de trabalho que são constituídos.

- 6) Pilar – Manutenção da qualidade – Verifica-se que as condições em que os equipamentos operam afectam de forma significativa a qualidade dos produtos.

As garantias deste pilar visam garantir a qualidade dos produtos no processo produtivo, para se atingir a meta “*zero defeitos*”.

- Levantar os defeitos dos produtos – Definir quais os defeitos que cada recurso de produção gera no produto (reclamações, devoluções, inspecção por amostragem, etc.);
- Implementar pontos de inspecção da qualidade dos equipamentos – sabendo a relação dos defeitos com as partes dos equipamentos e o que pode causar estes defeitos (regulação, peça, ferramenta) estipula-se um plano de inspecção em pontos concretos. A garantia da qualidade nos processos elimina as reclamações e o tempo para inspecção dos produtos;
- Melhorias específicas para eliminar perdas – Identificadas as perdas do produto, pode-se agora estudar as suas causas através da metodologia CAPDo (já referido).

- 7) Pilar – Controlo inicial – Muitas das perdas nos processos produtivos derivam de imperfeição nos projectos dos equipamentos.

São necessárias, algumas análises aos projectos antes dos mesmos se concretizarem. Deve-se analisar a facilidade das operações, se a manutenção é simples e de baixo custo, se não gere facilmente produtos com defeitos e se é flexível e segura.

O pilar designado por “*Controlo inicial*” eleva o poder de resposta ao mercado, agilizando a concepção de novos produtos.

As empresas que produzem produtos de consumo com um ciclo de vida curto (constante inovação e mudança de produto) beneficiam das actividades desenvolvidas neste pilar, uma vez que são necessários novos equipamentos ou novos processos.

Neste pilar é analisado todo o ciclo de vida dos equipamentos numa abordagem de terotecnologia. A Terotecnologia é uma concepção global e integrada do modo como deve ser estudada, escolhida e construída uma nova instalação tecnológica, tendo em conta o abaixo mencionado.

Os equipamentos são analisados nas seguintes fases:

- 1- Especificação;
- 2- Projecto;
- 3- Fabricação;
- 4- Instalação;
- 5- Comissionamento;
- 6- Operação;
- 7- Substituição;

A etapa inicial compreende desde a especificação até à etapa de comissionamento (ou partida), quando é então entregue ao departamento de produção para operação plena.

- 8) Pilar – Gestão Administrativa – O objectivo é melhorar a eficiência e eliminar as perdas dos processos administrativos.

O “*Produto*” da área administrativa também pode ser realizado de forma mais rápida e com maior qualidade.

A área administrativa também é susceptível de formação de pequenos grupos de trabalho, cuja missão é definir quais os processos e a forma de medir a sua eficiência e perdas.

Analisa-se as funções executadas se existirem tarefas que possam ser eliminadas ou uma melhor forma de as executar.

As doze maiores perdas administrativas são:

- a. Perdas no processamento;
- b. Perdas económicas (Custos) – Contabilidade, Marketing, etc;
- c. Perdas na comunicação;
- d. Perdas por espera;
- e. Perdas no arranque;
- f. Perdas por falta de precisão;
- g. Perda por avarias dos equipamentos de escritório (computa., impressoras, etc.);
- h. Perda por quebra nos canais de comunicação (telefone, fax, mail, etc.);
- i. Perda por tempo gasto para encontrar a informação;
- j. Perdas por indisponibilidade de material de escritório;
- k. Perda por queixa dos clientes por existir logística imperfeita;
- l. Perdas com despesas de compras urgentes.

Após todos os esforços a nível interno deve-se estender o conceito (Gestão administrativa) a fornecedores e distribuidores, com o objectivo de se alcançar menores tempos para entrega e melhor qualidade, com menores custos (fornecedores), redução dos danos durante o transporte do armazenado do manuseado e uma distribuição sem atrasos (distribuidores).

2.2.9 Implementação do TPM

Segundo Sobral, (2011), o TPM, onde a etapa de preparação é a de maior importância para o sucesso do processo de implementação da filosofia TPM. É onde se define a estrutura, se faz o planeamento de toda a estratégia de implementação e se obtêm o comprometimento de todos.

De acordo com o JIPM, a implementação da filosofia TPM numa organização engloba doze etapas, divididas por quatro fases.

1ª Fase – Preparação para a introdução – (5 etapas)

2ª Fase – Início da introdução – (1 etapa)

3ª Fase – Implementação – (5 etapas)

4ª Fase – Consolidação – (1 etapa)

Vejam os detalhes de cada uma destas fases e etapas de uma forma mais pormenorizada.

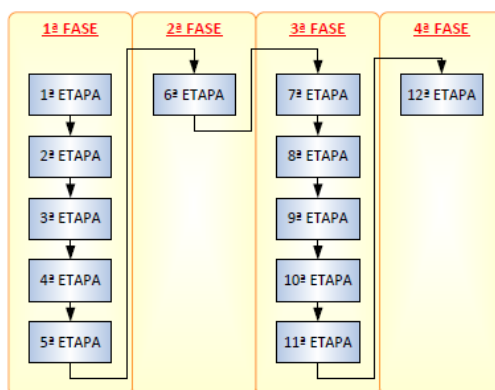


Figura 7 – As 12 etapas do TPM
Autor (Sobral, 2011)

1ª Etapa

Declaração da administração sobre a intenção de introduzir a filosofia TPM.

O sucesso ou o fracasso na implementação da filosofia TPM depende em larga escala da determinação da administração da empresa, uma vez que mudará a forma de trabalho das pessoas (ou até a própria estrutura da organização).

Quando a iniciativa parte de outros níveis hierárquicos inferiores, normalmente o resultado é uma limitação da abrangência das iniciativas.

2ª Etapa

Treino/formação de introdução à filosofia TPM

Por questões consideradas óbvias, começa-se por capacitar os trabalhadores que serão responsáveis pelos processos de planeamento e coordenação da implementação da filosofia TPM.

Os cursos de formação deverão ser abrangentes, mas pouco intensos, ter conteúdos diferenciados, adequados ao nível funcional dos trabalhadores.

A ideia é dar uma visão geral de toda a metodologia, capacitando cada trabalhador para conduzir a fase inicial da implementação.

É frequente o estabelecimento de três níveis de formação inicial, nomeadamente:

- Nível 1 – Directores e gestores;
- Nível 2 – Supervisores do processo inicial (facilitadores)
- Nível 3 – Membros das equipas de implementação (multiplicadores)

Poderão ser estabelecidas parcerias com empresas especializadas em TPM para ajudar em determinados pontos específicos da implementação, à medida que os trabalhos forem evoluindo.

3ª Etapa

Criação da estrutura para implementação da filosofia TPM

Deve-se entender esta implementação como uma forma de melhorar a cultura da organização e otimizar o processo produtivo (e administrativo), pelo que deverá ser bem definido o papel que cada nível hierárquico irá ter.

O objectivo desta etapa é criar uma estrutura para promover o TPM, juntando a estrutura vertical com a horizontal. Deve-se criar uma secretaria administrativa dirigida por alguém que será o responsável pela promoção do programa de implementação dentro da organização.

Deverão ser constituídos nesta fase oito subcomissões, sendo cada uma responsável pelo desenvolvimento da metodologia de cada pilar da filosofia TPM. As equipas designadas para a implementação da filosofia TPM deverão ser constituídas por pessoal operacional e pessoal supervisor. Deverá ser dada especial atenção à estrutura da coordenação. Um dos erros mais comuns é criar uma estrutura paralela dedicada ao TPM nesta fase inicial, o que dificulta a implementação.

4ª Etapa

Determinação de directrizes, indicadores e metas

“Se não sabemos onde queremos chegar, qualquer caminho leva a algum lugar” (Sobral, 2011).

Outro dos maiores erros, e mais comum, é a administração querer começar logo a implementação da filosofia TPM no sector da produção e manutenção sem haver um planeamento prévio, onde os objectivos são claros.

Devem-se definir os objectivos de cada uma das actividades (grupos de trabalho) dos 8 pilares e não olhar só para a manutenção.

As directrizes do TPM serão as próprias directrizes da organização, aquelas que lhe permitirá manter-se destacada no seu ramo ou mercado.

O resultado esperado com a implementação da filosofia TPM deverá ser coerente e alinhado com o planeamento estratégico da organização.

5ª Etapa

Elaboração do plano director para implementação da filosofia TPM

“Vários caminhos podem levar ao mesmo lugar” (Sobral, 2011).

Nesta etapa é onde se prepara ou realiza um plano director (master plan). Alguns autores indicam esta como uma das etapas mais importantes da primeira fase, pois será onde ficam definidas as actividades e os recursos que serão necessários para atingir as metas estabelecidas na etapa anterior.

O tempo de implementação depende muito da estrutura da organização e do apoio dado nesta actividade. Pode-se dar apenas como referência que para se concluírem as doze etapas de implementação da filosofia TPM, serão necessários em média cerca de dois anos.

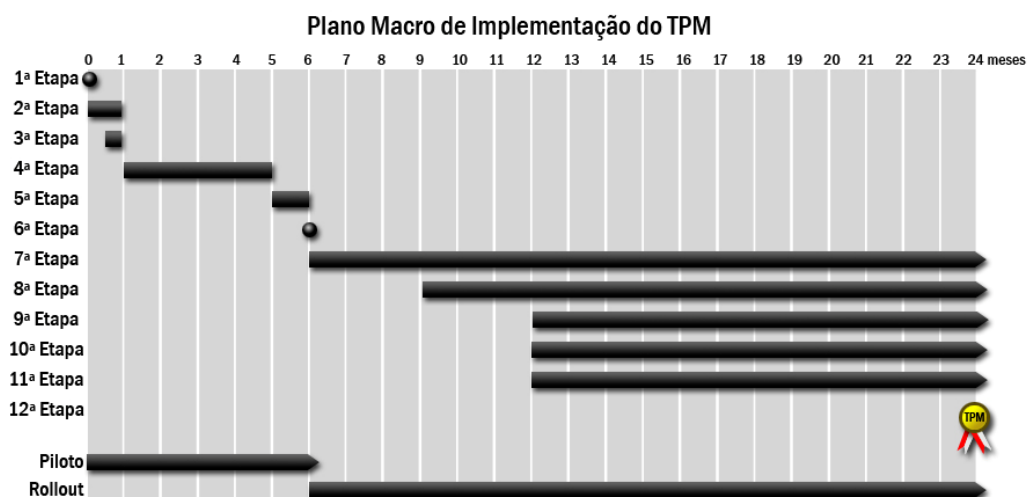


Figura 8 – Implementação do TPM
Autor (Sobral, 2011)

Por vezes o desconhecimento dos obstáculos que surgem na implementação da filosofia TPM levam a que as pessoas tentem isoladamente encontrar as suas próprias soluções.

Frequentemente isso irá fazer com que haja grandes desvios, fazendo com que a organização pense que está a implementar o TPM, onde os esforços são superiores aos resultados alcançados.

A principal consequência deste fenómeno (falsa partida) será uma desmotivação dos trabalhadores, fazendo com que nesta fase (planeamento) muitos trabalhadores percam a esperança e ponham em causa a filosofia. A implementação da filosofia TPM deverá ser um processo auto-sustentável, onde parte dos recursos economizados com a redução das perdas sejam revertidos para a própria melhoria do processo de implementação.

6ª Etapa

Início do Programa TPM

As cinco etapas anteriores consomem algum tempo na sua realização e normalmente não mostram grandes resultados para a organização, parecendo até algo burocrático. É frequente proceder-se durante a fase anterior a uma aplicação piloto, através de uma pequena equipa ou grupo. Através deste processo piloto já foram desenvolvidas muitas actividades interessantes, algumas dificuldades sentidas e alguns resultados alcançados. Toda esta informação será utilizada no processo de expansão horizontal da filosofia TPM.

Nesta etapa será dado o pontapé de saída (kickoff), sendo normalmente realizada uma reunião geral para mostrar a todos os colaboradores e parceiros o comprometimento com o TPM, apresentar o planeamento elaborado nas etapas anteriores e objectivos e expectativas da empresa.

Neste mesmo dia será apresentado o trabalho realizado no projecto-piloto e os resultados alcançados com o mesmo.

7ª Etapa

Melhoria do desempenho do processo produtivo

Agora começou a implementação propriamente dita, verificando-se uma expansão do TPM a todos os sectores da organização.

Desenvolvem-se em simultâneo as actividades dos quatro pilares (Melhorias específicas; Manutenção planeada; Manutenção autónoma; Educação Treino) considerados prioritários na óptica da melhoria do desempenho do processo produtivo.

8ª Etapa

Estabelecimento do sistema de preservação da segurança e meio ambiente

O nível de contacto com os equipamentos, realizado pelos trabalhadores e pessoal da manutenção, é agora maior, aumentando também a exposição aos perigos e conseqüentemente o risco de acidente.

Nesta etapa dá-se especial atenção às actividades de segurança, higiene e meio ambiente.

Estas actividades deverão ser implementadas, possuindo objectivos e indicadores de desempenho nesta áreas relativamente aos pilares referidos na etapa anterior (pilar segurança higiene ambiente).

9ª Etapa

Estabelecimento do sistema de manutenção da qualidade

Um dos principais valores reconhecidos pelos clientes é a qualidade dos produtos e dos serviços. Esta fase desenvolve actividades nesse sentido, onde a manutenção da qualidade significa a eliminação das condições que propiciam a ocorrência de defeitos nos produtos produzidos (ou serviços prestados).

Esta obtenção dos “zero defeitos” depende muito da precisão dos equipamentos e das condições do processo relativamente às características ou especificações da qualidade.

“Deixa-se de controlar a qualidade através do produto para controlar a qualidade através do processo”

10ª Etapa

Estabelecimento do sistema de melhoria da eficiência dos sectores administrativos

Com as etapas anteriores e o desenvolvimento de actividades nos cinco pilares referenciados, as falhas do sector produtivo diminuem drasticamente (assim se espera).

Sobram as falhas resultantes dos processos administrativos, que uma vez reduzidas ou eliminadas irão ter também impacto nos resultados do sector produtivo (vendas, após-venda, etc.).

Processos administrativos “*Lean*” reduzem o custo e dão mais agilidade à organização no processo de tomada de decisão. Neste processo o produto é a informação.

11ª Etapa

Estabelecimento do sistema da fase de equipamentos e novos produtos

Só resta o pilar denominado “controlo inicial” que funciona no desenvolvimento e estabelecimento da gestão da fase inicial dos equipamentos e produtos, na tentativa de identificar os problemas potenciais.

Incorpora-se nos projectos todas as melhorias desenvolvidas anteriormente, adequando o produto às necessidades do cliente e tornando-o mais fácil de ser produzido, adequando o equipamento às novas tecnologias e às condições de funcionamento.

12ª Etapa

Consolidação do TPM

Neste momento todos os segredos da filosofia TPM já foram revelados e experimentados por todos os que participaram no seu processo de implementação.

Todas as perdas inerentes foram reduzidas ou eliminadas, ficando agora algumas perdas remanescentes, mais difíceis de identificar e tratar.

Nesta etapa a organização deverá estar apta para se candidatar ao prémio TPM (*TPM excellence award*) instituído pelo JIPM.

2.2.10 Dificuldades na implementação da filosofia TPM

Segundo Sobral (2011), é natural sentirem-se algumas dificuldades ao longo de todo o processo de implementação da filosofia TPM, como as que estão aqui exemplificadas.

1. Pode levar um número considerável de anos a implementar (dependendo do tipo e dimensão da organização, mentalidades, vontade, etc.);
2. Tipicamente as pessoas mostram uma grande resistência à mudança;
3. Muitas pessoas tratam o TPM como mais “outro” programa;
4. Não haver recursos suficientes (pessoas, tempo, dinheiro, etc.);
5. Pouca percepção da metodologia e filosofia por parte das chefias intermédias;
6. Muitas pessoas consideram as actividades do TPM como trabalho adicional ou uma ameaça.

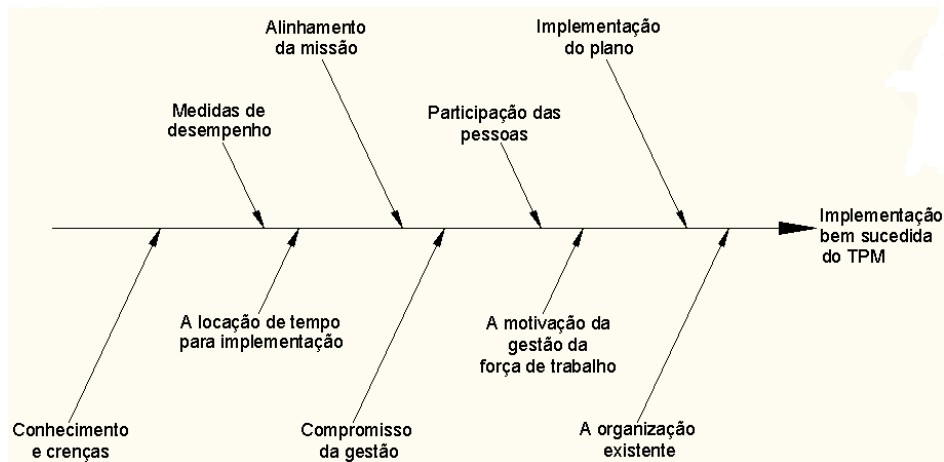


Figura 9 – Diagrama espinha de peixe
(adaptado de <http://www.advanced-eng.com.br/sobretpm.htm>)

2.3 OEE – Overall Equipment Efficiency (Eficiência Global do Equipamento)

Para se obter sucesso na implementação do programa TPM, deve existir uma forma de medir como estão inicialmente os processos e quais foram os ganhos obtidos com a implementação do programa. Para tal utiliza-se um indicador de desempenho denominado OEE – Overall Equipment Efficiency (Eficiência Global do Equipamento), que mede a produtividade dos equipamentos e processos (Pomorski, 1997).

Na vasta bibliografia sobre o tema podemos encontrar alguns autores que se referem a este indicador como Overall Equipment Efficiency e outros que o denominam por Overall Equipment Effectiveness.

Mais importante do que saber qual a palavra correcta a ser usada, é saber o significado deste indicador e como se pode determinar o mesmo para um dado equipamento ou processo.

A produtividade de um equipamento depende fundamentalmente do tempo de operação efectiva, da utilização na sua capacidade máxima e da qualidade da produção. Nakajima (1989) definiu seis grandes perdas existentes nos equipamentos, que influenciam directamente a sua produção. As seis grandes perdas são:

1. **Perda por avaria:** são caracterizadas pela paragem da funcionalidade, ou seja, o equipamento fica indisponível por um período de tempo, até que restabeleça a condição original e se inicie a operação, pela actividade da manutenção e engenharia. As falhas estão divididas por dois modelos: esporádicas e críticas. As falhas raras caracterizam-se por paragens repentinas e violentas, de fácil visualização e correcção. O restabelecimento da operação do equipamento é efectuado rapidamente pela manutenção ou pelos próprios trabalhadores, a solução destas falhas não é facilmente descoberta.
2. **Perdas por Setup e afinações:** Estão relacionadas com mudanças de produtos e afinações até que seja concluído o setup. Convém salientar que as afinações feitas depois de concluído o setup devem ser classificadas como perdas, relacionadas com as falhas referidas no ponto 1. A afinação é, de um modo geral, responsável pela maior parte do tempo perdido.
3. **Falhas ocasionais e pequenas afinações:** Origem da palavra “Chokotei”, que se caracteriza por interrupções dos ciclos dos equipamentos, paragens intermitentes de linhas de produção originando arranques e paragens constantes (Suehiro, 1992). Diferente das falhas referidas no ponto 1, caracterizam-se por interrupções de tempos relativamente pequenos. Suehiro (1992) define que as pequenas paragens são problemas do equipamento que não necessitam de mais de cinco minutos de reparação, para que a verdadeira causa seja encontrada. Entretanto o critério de tempo que caracteriza uma pequena paragem pode variar em função do entendimento que cada empresa tem com a relação das paragens, bem como o sistema de recolha de dados adoptados. Shirose (1992) destaca, como elemento central para definir as pequenas paragens, a correcção, ou seja, a restituição da função requerida do equipamento seja executado pelo trabalhador. Como de modo geral esta perda é eliminada de maneira rápida e simples, pondo o equipamento em funcionamento rapidamente, a anotação dos dados da

paragem tornam-se difícil de anotar por ser uma paragem muito rápida. Muitas vezes, não são entendidas como perdas pelos trabalhadores, ficando assim escondidas. As pequenas paragens são encontradas normalmente em sistemas onde se encontram Robots, montagens automáticas, tapetes transportadores, entre outros, causando danos à eficiência do equipamento. Suehiro (1992) destaca as linhas e equipamentos automáticos com pequenas paragens, que resultam em perdas de eficiência na ordem dos 20 a 30 por cento.

4. **Perdas por redução da velocidade:** Caracterizam-se pela velocidade real de funcionamento do equipamento ser inferior à velocidade teórica, causando tempos elevados de ciclo. Estas perdas podem ser ocasionadas por problemas de manutenção, operação, qualidade ou processos, que levam os trabalhadores, técnicos de manutenção, entre outros, a reduzirem as velocidades de trabalho dos equipamentos, permitindo que os equipamentos se mantenham em funcionamento, porém escondendo as suas causas.
5. **Perdas por problemas de qualidade e retrabalho:** São relativas à fabricação de produtos não conformes, causados pelo mau funcionamento dos equipamentos. De forma semelhante às perdas por falhas, os problemas de qualidade podem ocorrer de forma esporádica e crítica.
6. **Perdas por queda de rendimento:** Estão relacionadas às restrições técnicas dos equipamentos, que obrigam a um período de estabilização das condições dos equipamentos após períodos de paragens do equipamento, Shirose (2000) define que estas perdas são originárias de paragem do equipamento após reparações periódicas ou correctivas, feriados, refeições, entre outras.

A eficiência global dos equipamentos “OEE”, é medida a partir da estratificação das seis grandes perdas, calculada através do produto dos índices de Disponibilidade, Desempenho e Qualidade (Nakajima, 1989).

$$OEE = Disponibilidade \times Desempenho \times Qualidade \quad (1)$$

As seis grandes perdas dos equipamentos estão associadas aos três índices que formam o cálculo de eficiência. Onde a perda 1 “falha” e a 2 “setup e afinações” fazem parte do índice de Disponibilidade, as perdas 3 “pequenas paragens” e a 4 “queda de velocidade” influenciam o Desempenho, enquanto o índice de Qualidade é composto pelas perdas 5 “problemas de qualidade e retrabalho” e 6 “queda de rendimento”.

O índice de Disponibilidade representa a relação entre o tempo disponível do equipamento, dependendo do período de análise que pode ser diário, semanal ou mensal, também chamado tempo de carga, com o tempo em que o equipamento ficou em operação efectivamente.

O tempo de carga resulta da diferença entre os tempos, de trabalho seguido e paragens programadas, representadas por manutenção programadas, manutenção preventivas, tempo de descanso, limpeza do equipamento, formação, entre outras concessões. As paragens programadas não são consideradas no cálculo de eficiência. As paragens não programadas são devido às perdas por falhas, arranques de produção e afinações de máquinas.

O desempenho é composto pelas perdas de velocidade, o que demonstra o que o tempo de ciclo real está próximo do tempo teórico, ou seja, avalia o ritmo de produção do equipamento pelas perdas de pequenas paragens.

A Qualidade, é o terceiro índice que compõe o cálculo de eficiência, é relativo ao fabrico de produtos defeituosos, que resultam em sucata e retrabalho.

Nakajima (1993) apresenta, baseado nas experiencias e resultados obtidos pelas empresas vencedoras do prémio TPM Award, que o OEE de 85% deve ser definido como uma meta ideal para os equipamentos. As empresas que ganharam o premio TPM Award obtiveram um OEE superior a 85%.

Ainda de acordo com Nakajima, para se atingir a meta do OEE com um valor de 85%, o índice de Disponibilidade tem de ter um valor superior a 90%, o índice de Desempenho tem que ser superior a 95% e o índice de Qualidade tem que ter um valor superior a 99% como se representa na equação a seguir:

$$OEE = 0,90 \times 0,95 \times 0,99 \times 100 = 85\% (1)$$

Segundo Semi (1996), o OEE é determinado com base na análise das perdas verificadas no equipamento. O seu cálculo engloba o conhecimento de três factores relacionados com o equipamento, nomeadamente:

- Disponibilidade (%)
- Desempenho (%)
- Qualidade (%)

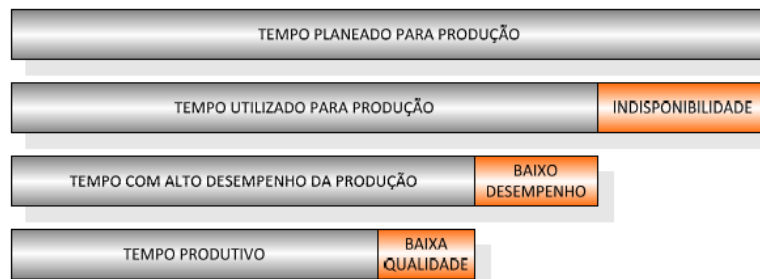


Figura 10 – Índice de desempenho dos equipamentos
 Autor (tirado dos apontamentos, Sobral, 2011)

Segundo Semi (1996), na maioria dos casos analisados o OEE situa-se entre os 30% - 40%.

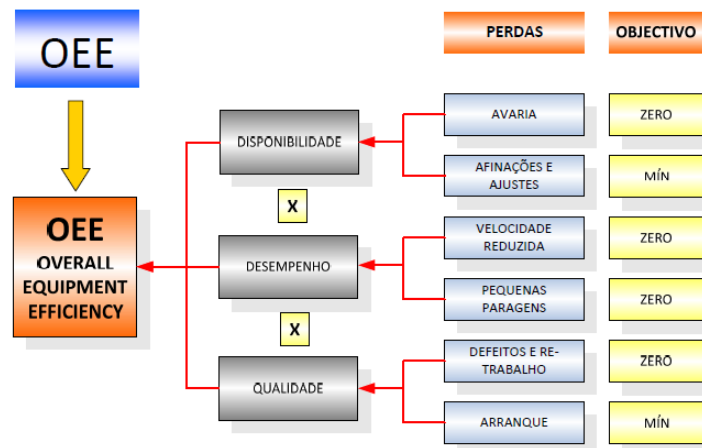


Figura 11 – OEE
 Autor (tirado dos apontamentos, Sobral, 2011)

“O OEE pode ser inserido no pilar “melhoria específica”

Vejamos cada um dos factores de uma forma mais detalhada.

$$OEE = DO \times TD \times TQ \quad (1)$$

OEE = Overall Equipment Efficiency – Eficiência Global do Equipamento.

DO = Disponibilidade operacional (Availability)

TD = Taxa de desempenho (Performance Efficiency)

TQ = Taxa de qualidade (Quality Rate)

O objectivo é colocar o próprio trabalhador a calcular este indicador de TPM, tendo já recebido a devida formação (Semi, 1996).

$$OEE = DO \times TD \times TQ [\%] \quad (1)$$

$$DO = TO \div JT [\%] \quad (2)$$

JT = jornada de trabalho (Potential Working Time)

Tempo total disponível do equipamento subtraindo os tempos de paragens planeadas (programa, repouso de operadores) normalizado numa base (diária, semanal, mensal, etc.).

TO = tempo efectivo de operação (Operating Time)

Tempo relativo à jornada de trabalho menos o tempo relativo às paragens não programadas (avarias, setup, e outras paragens se consideradas prolongadas).

$$OEE = DO \times TD \times TQ [\%] \quad (1)$$

$$TD = TPR \div TPI [\%] \quad (3)$$

TPR = Taxa de produção real (Actual prod. rate)

Número de unidades produzidas no tempo operacional. Este valor é afectado por pequenas paragens (normalmente inferiores a 10 minutos cada uma) e/ou por se verificar uma velocidade reduzida do processo (alterando o tempo de ciclo).

TPI = Taxa de produção ideal (projecto) (design prod. rate)

Número de unidades teoricamente possíveis de produzir no mesmo tempo operacional.

$$OEE = DO \times TD \times TQ [\%] \quad (1)$$

$$TQ = PB \div PT [\%] \quad (4)$$

PB = Produtos bons (Non defective products)

Valor correspondente à quantidade total produzida menos a quantidade de unidades rejeitadas.

PT = Produtos bons (Non defective products)

Número total de unidades produzidas.

2.3.1 Perdas do Sistema de produção e o cálculo OEE

A partir das 6 grandes perdas de Nakajima (1989), as quais se focalizam estritamente à melhoria de eficiência dos equipamentos, a metodologia TPM foi recebendo actualizações por parte do JIPM, concluindo em modificações que ampliaram o foco das perdas. Passou-se a analisar as perdas do sistema da produção como um todo, bem como as áreas de apoio, pretendendo aumentar a adição de valor e a redução dos custos da produção (Shirose, 2000).

Com esta nova origem estabelecida, Shirose, (2000) apresenta uma análise com 16 perdas divididas em quatro grupos:

- I. Sete grandes perdas que prejudicam a eficiência dos equipamentos.
- II. Perdas que prejudicam o tempo de carga dos equipamentos.
- III. Cinco grandes perdas que prejudicam a melhoria da eficiência do trabalho humano.
- IV. Três grandes perdas que prejudicam o uso dos recursos de produção.

Grupo I

1. Perdas por falha: Mesmo conceito do modelo de Nakajima.
2. Perdas por Setup e afinações: Mesmo conceito do modelo de Nakajima.
3. Perda por troca de ferramentas de corte: São as perdas relativas à paragem do equipamento para trocas regulares de ferramentas de corte devido ao desgaste natural de utilização e a partirem-se as lâminas de corte. São alguns exemplos de ferramentas de corte, brocas, discos de corte, laminas, etc.
4. Perdas por repouso de pequenas paragens: Mesmo conceito do modelo de Nakajima.
5. Perdas por redução de velocidade: Mesmo conceito do modelo de Nakajima.
6. Perdas por problemas de Qualidade e retrabalho: Mesmo conceito do modelo de Nakajima.
7. Perdas por queda de rendimento (Startup): Mesmo conceito do modelo de Nakajima.

Grupo II

1. Perdas por paragens: São perdas que implicam a paragem programada do equipamento para a execução de actividades relacionadas com a manutenção programada, para

garantir a qualidade, a segurança e a fiabilidade requerida para o bom funcionamento dos equipamentos.

Grupo III

1. Perdas Administrativas: São perdas relativas às esperas por acções de gerências, tais como espera por materiais, instruções e reparos de produtos defeituosos.
2. Perda por movimentação: São perdas de tempo que decorrem como de diferenças de habilidades, perdas por movimentação devido a layouts mal planeados.
3. Perdas por desorganização da linha de produção: São perdas de balanceamento de linhas, em situações onde um trabalhador opera ao mesmo tempo mais do que um equipamento, bem como perdas por organização inadequadas.
4. Perdas resultantes de falhas de automação (logística): São perdas resultantes de falhas de automação para movimentação de peças, bem como a não utilização dos mesmos quando aplicável, implicando a utilização da mão-de-obra para cobrir tais perdas.
5. Perdas por medição e ajustes: São perdas relativas aos tempos para medição e os ajustes necessários à prevenção dos problemas de qualidade.

Grupo IV

1. Perdas de rendimento: São perdas de rendimento de materiais relativas à diferença de peso entre a matéria-prima e o produto acabado. Estão incluídas nesta perda as peças descartadas por problemas de qualidade, lâminas de corte descartadas devido à perda de afiação ou partida devido a dimensões acima do especificado, entre outras.
2. Perdas de energia: São perdas de energia tais como de corrente eléctrica, ar comprimido, combustíveis, água, etc., desperdícios devido a sobre cargas, descargas, perda de temperatura, tempos desocupados, entre outros.
3. Perdas por moldes, ferramentas e gabaritos: São perdas monetárias resultantes da substituição de reparo de moldes, ferramentas e gabaritos decorrentes de avarias e desgaste pelo uso. Fazem parte desta perda os materiais auxiliares descartados em função da substituição e reparo dos moldes, ferramentas e gabaritos, tais como óleos de corte e lubrificação, combustíveis entre outros.

2.3.2 OEE – Alguns Cuidados a ter em atenção

Segundo Semi (1996), existem alguns cuidados a ter na implementação do OEE, que são:

1. O valor calculado não deve ser usado como uma medida do nível da empresa ou da instalação, tratando-se apenas de uma medida da eficiência de um determinado equipamento;
2. O valor calculado não é válido para comparar equipamentos ou processos diferentes. É um indicador relativo para um único equipamento, servindo para comparar os valores de OEE desse equipamento ao longo do tempo. Poderá ser aplicado a equipamentos similares;
3. O valor não é uma medida da eficiência da manutenção uma vez que a maior parte das perdas saem fora do controlo directo desta função;
4. Não existe um valor especificado para o valor de OEE designado por “*valor de classe mundial*”. No entanto, um valor de 85% é frequentemente citado. De igual forma, a maximização do OEE depende da capacidade do activo, da procura ou se existe algum constrangimento no fluxo produtivo (valor obtido por uma disponibilidade de 90%, uma taxa de desempenho de 95% e uma taxa de qualidade de 99%);

O valor calculado não é estatisticamente válido. O valor percentual determinado assume que todas as perdas relativas ao equipamento são de igual importância e que qualquer melhoria de 1% na qualidade pode ter um impacto idêntico à melhoria de 1% na disponibilidade. As três medidas são falsamente consideradas idênticas, ou seja, o tempo cronológico, as unidades produzidas por unidade de tempo e as unidades produzidas são convertidas em percentagens para comparação.

2.4 Desperdício na Manutenção

2.4.1 Desperdícios

Segundo Ribeiro (2011) citando Bagadia (2008), na manutenção a relação mais utilizada será o quociente entre a manutenção planeada e a manutenção não planeada (correctiva), sendo o ideal de 90% planeada e 10% não planeada. Na realidade o quociente verificado nas empresas é o inverso 10% a 30% planeadas e 90% a 70% não planeadas, verificando-se que as empresas estão a trabalhar de um modo reactivo, contribuindo assim para o desperdício, reduzindo a vida do equipamento e a perda da produtividade. Bagadia identificou o *maintenance work process*

flow, ou seja, o fluxo de valor da manutenção, identificando o desenrolar do processo da manutenção, auxiliando na posterior identificação dos desperdícios existente neste processo.

Fluxo de valor do Processo de Manutenção, Bagadia (2008)

- Iniciar a requisição do serviço a executar
- Validar a requisição do serviço a executar
- Aprovar essa requisição
- Criar uma ordem de trabalhos
- Planear os trabalhos
- Programar os trabalhos
- Atribuir os trabalhos a um executante
- Executar o trabalho
- Acompanhar o desenrolar dos trabalhos
- Analisar as métricas

Assim, o que se pretende com o Lean na manutenção é permitir que este fluxo de valor seja eficiente, produtivo e que seja realizada uma análise para se identificar os desperdícios existentes em cada uma das fases anteriormente identificadas. Apenas quando esses desperdícios são identificados é que pode ocorrer a sua eliminação do processo.

Alguns autores adaptaram a metodologia usada para identificar os desperdícios do processo produtivo para a manutenção, de maneira a poder identificar o excesso de desperdício existente no processo da manutenção com vista à sua eliminação, mas o autor abordado será Mather (2007), porque não se limitou a adaptar os mesmos, mas, efectuou a correspondência adequada para a manutenção. A metodologia seguida pelo autor é a seguinte:

1. **Trabalho improdutivo**, correspondente a realizar toda e qualquer actividade que não acrescente valor, neste caso está-se a referir a acções de manutenção preventiva, executadas mais vezes do que o necessário.
2. **Repetição do trabalho**, significa ter de repetir as mesmas tarefas ou ter de executar outras, adicionalmente, devido a trabalhos mal executados inicialmente. Sempre que ocorre uma necessidade imediata e urgente, os trabalhadores dessa acção de manutenção, ficam bastante pressionados para que o equipamento seja reparado rapidamente, a fim de regressar à sua situação anterior, podendo não lhe ser dado o tempo suficiente, para que a mesma reparação seja corrigida correctamente.

3. **Tempo de espera**, analisado tal como no sector produtivo, mas neste caso aplicado a peças, máquinas, ferramentas e trabalhadores, necessário para realizar a acção de manutenção ou o aguardar pela atribuição do serviço a executar, instruções, entre outras. Como as esperas não acrescentam valor devem ser eliminadas ou reduzidas ao mínimo.
4. **Movimentações desnecessárias**, na manutenção, correspondem a idas à procura de ferramentas, deslocações para a obtenção de manuais técnicos, movimentações de bancadas de trabalho, ou deslocações de material para outras áreas, devido a terem sido solicitadas para diferentes acções de manutenção.
5. **Má gestão do inventário**, significa não ter o material adequado para as acções que estão a ser executadas. Também inclui a existência de equipamentos obsoletos e excesso de inventário (em ambos os casos significa capital investido e consumo de recursos para a sua gestão).
6. **Não aproveitamento do potencial humano**, corresponde a utilizar das pessoas só pelas qualificações que têm e não as utilizar, inclusivamente, consoante as suas capacidades ou experiência.
7. **Ineficaz gestão de dados**, corresponde à recolha de informação que não tem utilidade e a não obtenção de informação considerada vital. Empresas que já controlam a sua manutenção através de *computer maintenance managed system* e do qual esse controle é ineficaz. Ineficácia essa reflectida na inexistência de uma correta gestão dos dados, nem uma interligação com os mesmos, nas diversas fases do processo da manutenção, obrigando a serem introduzidos repetidamente esses dados, compelindo a existência e a redundância dos mesmos.
8. **Má aplicação das máquinas**, quando se realiza uma operação incorrecta dos equipamentos ou estratégias deliberadas para que a manutenção seja efectuada, quando não há necessidade de a mesma ocorrer.

2.4.2 Classes de desperdícios

Todos os desperdícios são prejudiciais a qualquer empresa, quer seja em mão de obra, deslocamentos, em perda de matéria-prima quando das afinações das máquinas ou produtos produzidos com defeitos. Os desperdícios serão divididos em três grupos para se entender qual a gravidade, tal como apresentado na figura 12.

Tipos de Desperdícios	Grau I	Grau II	Grau III
Trabalho improdutivo	X		
Repetição do trabalho		X	
Tempo de espera		X	
Movimentações desnecessárias	X		
Má gestão do inventário			X
Não aproveitamento do potencial humano	X		
Ineficaz gestão de dados			X
Má aplicação das máquinas			X

Figura 12 – Quadro de classificação dos desperdícios

- I. Grupo I:** Os desperdícios apresentados neste grupo só mostram perdas com os trabalhadores que não produzem mais ou não é aproveitado o seu potencial, perdas com deslocações indevidas, layouts mal organizados ou desactualizados.
- II. Grupo II:** Os desperdícios neste grupo mostram perdas com tempos de esperas (máquinas que funcionam em vazio) consumindo energia sem produzir, produtos que tem de ser reparados por má fabricação ou quedas no transporte, onde a perda é a nível de mão-de-obra.
- III. Grupo III:** Os desperdícios neste grupo mostram perdas com matérias-primas (produtos mal produzidos) que tem de ser substituídos, perdas com energia e perdas com tempo de afinações de máquinas.

2.4.3 Indicadores de desempenho

De acordo com Neto (2009): “ *KPIs medem o nível de desempenho de processos ou objectivos de planos. São métodos para facilitar a avaliação, identificar anomalias, representar caminhos de melhorias, principalmente, a garantia da implementação do plano. Os indicadores ajudam as empresas a definir e medir o progresso em direcção aos objectivos.*”

Os indicadores de desempenho dão perspicácia directa aos trabalhadores essenciais no processo de gestão, característica importante, particularmente na manutenção, uma vez que um bom controlo requer medidas que relacionem tempo, quantidade, qualidade e custo (Faria, 2007).

São as ferramentas chave do sistema de controlo e permite a iniciativa de acção e decisão coerentes e orientadas para o plano.

Os indicadores de desempenho procuram traduzir o plano em métricas que tenham maior significado para as aplicações da futura implementação, além de desenvolverem mecanismos de informação que são capazes de apresentar uma boa visão da prática das chefias, como também pretendem uma gestão pró activa, basicamente, o controle interno da empresa (Neto, 2009).

Segundo Neto (2009): *“A medição do desempenho deve ser feita não somente para planejar, introduzir e controlar, mas também para diagnosticar.”*

Os acontecimentos, como a recente crise económica Mundial apenas reforça a necessidade de gestão por meio de indicadores de desempenho, eficazes instrumentos de análise e conclusões da situação actual e futura das empresas (Neves, 2009).

Os KPI's procuram consciencializar a empresa da necessidade de uma maior compreensão por parte dos trabalhadores, visando agregar valor a clientes e accionistas (Faria, 2007).

Um dos benefícios do uso de indicadores de desempenho refere-se ao entendimento de como a empresa funciona e as direcções como a dirigem, melhorando o processo da iniciativa de decisão (Neves, 2007).

2.4.4 O Motivo da utilização dos indicadores de desempenho

Uma das maiores preocupações dos gestores é garantir que os objectivos das orientações sejam alcançados. Nos tempos em que se vive a agilidade e a boa orientação é um dos factores críticos de sucesso dos planos estratégicos, é essencial ter respostas para questões como: as orientações definidas estão correctas? Os resultados obtidos estão coerentes com os resultados esperados? São necessárias correcções e afinações?

A gestão por meio de indicadores de desempenho é o ponto de partida para uma empresa obter um bom desempenho classificado como uma referência e sendo uma *“best-in-class”*, pois o que não é medido, não é administrado; o que não é administrado, não pode ser aperfeiçoado; se não se pode manter um processo constante de melhorias, em pouco tempo deixará de existir a empresa (Neves, 2009).

As empresas ajudam os clientes a alcançar as suas metas de desempenho e rentabilidade, prevenir perdas de recursos, garantir a fiabilidade dos departamentos financeiros e evitar surpresas.

Além de medir o desempenho de uma empresa e garantir que todos os trabalhadores, em todos os níveis hierárquicos, caminhem na mesma direcção com os mesmos objectivos e orientações, funcionam como “*veículos de comunicação*”, uma vez que permitem que os directores comuniquem o plano e visão da empresa aos departamentos e trabalhadores da empresa, envolvendo directamente todos os trabalhadores na realização dos objectivos da empresa (Neves, 2009).

Os indicadores de um bom desempenho podem ser considerados como instrumentos de navegação para as empresas que o implementem. Com a sua aplicação, as empresas conseguem direccionar os esforços de todos os trabalhadores a atingirem as metas estipuladas, minimizando as actividades de menor importância (Neto, 2009).

2.4.5 Controlo de Custos através dos indicadores de desempenho

Numa economia de alta competitividade e com uma elevada carga tributária, as empresas cada vez mais encontram serias dificuldades de permanecer no mercado (Zanluca, 2009).

Segundo Zanluca (2009), nesta situação é indispensável que os gestores adoptem um controlo de custos, já que em tese, não é possível repassar aos preços finais de produtos e serviços eventuais ineficiências, desperdícios e excessos que acontecem nas empresas. Uma forma de obter este controlo é utilizar indicadores de desempenho.

Estando os indicadores definidos, como a fórmula e frequência de recolha de dados, os mesmos devem ser aplicados e divulgados a todos os trabalhadores que de alguma forma estejam relacionados com a produção de custos. Após todos terem conhecimento e entenderem a natureza dos indicadores de desempenho o administrador pode mostrar como cada trabalhador tem impacto no resultado destes indicadores mostrando a importância das suas acções no resultado dos mesmos (Rossi, 2009).

É importante que os indicadores de desempenho estejam em locais visíveis para que todos os trabalhadores possam ter acesso aos dados para poderem lembrar que têm de atingir as metas estabelecidas. É necessário inculcar a responsabilidade a todos os trabalhadores para que estes

atinjam as metas impostas, a anotação de dados pode ser executado por todos os chefes dos respectivos departamentos, com reuniões semanais, onde cada chefe apresenta a previsão dos resultados. Caso existam atrasos é necessário haver um plano para recuperar o tempo desperdiçado. Caso exista um adiantamento o chefe deve partilhar com todos os trabalhadores desse sector para que seja utilizada noutros departamentos (Rossi, 2009).

2.4.6 Níveis de Decisão

“Os indicadores de desempenho podem ser divididos em três Grupos: Indicadores económicos, Indicadores técnicos e Indicadores organizacionais.” (NP EN 15341, 2007).

Segundo Vieira (2009), o Grupo económico é aquele que geralmente é executado com a visão mais imediata, ou seja, de acordo com a sua natureza e importância para a empresa, representa um impacto mais amplo, profundo e duradouro sobre a mesma.

No nível técnico o principal objectivo é o de traduzir as decisões estratégicas de modo a tomar acções efectivas e implementá-las pelos mais diversos sectores, ou seja, o nível técnico tem o seu foco mais específico (Vieira, 2009).

Os indicadores organizacionais, também conhecidos como BI (Business Intelligence – Inteligência de Empresarial) fazem parte do sistema de inteligência empresarial, são monitorizados constantemente pelos directores de logística ou Supply Chain e normalmente estão limitados a cerca de cinco indicadores (Neves, 2009).

As métricas ordinárias são medidas do nível de supervisão para baixo, ou seja, são indicadores que monitorizam o dia-a-dia da operação; são extremamente importantes, viabilizam o processo do tipo “bottom-up”, ou seja, de baixo para cima. Promovem o envolvimento e a integração das equipas de trabalho, permitindo um rápido e eficaz processo de mudança (Neves 2009).

Para cada grupo hierárquico deve-se definir orientações, ramificando-os em “efeito cascata”, os KPIs para todos os níveis da organização, para transmitir à organização, a missão, visão e os valores propostos pela administração da empresa (Furquim, 2009).

2.4.7 Tipos de indicadores de desempenho

É muito importante a definição de indicadores claros, principalmente, os que não promovem dúvidas. Normalmente os indicadores são quantitativos obtidos a partir da relação de valores mensuráveis que possibilitem comparações ao longo do tempo e espera-se que eles possam indicar tendências, principalmente para prevenir desvios que possam ser corrigidos antecipadamente (Moura et al, 2003).

Indicadores económicos estão relacionados com os custos, de manutenção preventiva e correctiva, valor médio de stock, formação de trabalhadores.

Indicadores técnicos estão relacionados com, os tempos de operações, tempos de inactividade, numero de falhas.

Indicadores organizacionais estão relacionados, número de trabalhadores directos e indirectos, manutenção total de horas.

2.5 Filosofia Lean

Lean significa emagrecer (formar pessoas para que estas tenham consciência de que tudo o que se estraga tem custos, não fazer investimentos sem análise previa) no sentido de não se fazer gastos de que não são necessários e aumentar a produtividade com o mesmo número de pessoas. A implementação do Lean numa empresa ajuda a reduzir custos nos serviços, na manutenção, na produção, na logística, nos serviços administrativos e nas próprias pessoas. Mais do que implementar a filosofia é preciso mantê-la e para se manter é preciso inovar.

2.5.1 Origem do Lean

O Lean apareceu nos Estados Unidos da Americano início do século XX por Frederick Taylor, aplicado à indústria por um homem que teve uma visão que mudou o Mundo, esse homem era Henry Ford. Ford Queria produzir um automóvel a baixo custo, para que todas as pessoas tivessem possibilidade de ter um. Para baixar o custo do automóvel, tinha-se de se aumentar a produção diária, ser um único modelo e de uma só cor, preto. Ford implementou assim a linha de montagem, onde o trabalho era sequencial desde o início até à saída do modelo em fábrica.

Neste processo cada trabalhador tinha só uma função, o que por um lado era bom porque o trabalhador ganhava cada vez mais experiência e rapidez no trabalho a executar. Do ponto de vista dos trabalhadores as tarefas eram fatigantes, não se podia cometer erros, perdas de tempo, com o risco de diminuir a produção. As tarefas eram executadas mecanicamente pelos trabalhadores (sem pensarem no que estavam a fazer). Com este sistema conseguiu-se reduzir o tempo de montagem do modelo T. No ano de 1908 montava-se um chassi completo em 728 minutos, passados cinco anos conseguia-se montar o mesmo chassi em 93 minutos. Só foi possível reduzir este tempo devido a eliminações de desperdícios, tempos intermédios e um melhor profissionalismo dos trabalhadores. A necessidade de se produzir o maior número de peças, sem erros. Houve a necessidade criar um controle de qualidade, em cada secção da linha de montagem. Iniciando-se assim a filosofia Lean sem ter este nome ou pensamento. O sucesso de Ford não passou despercebido a outros fabricantes, que aproveitaram para, adaptar e implementar este conceito. Ford como foi pioneiro, não tinha conhecimentos e não havia estudos da reacção dos consumidores, para saber que os produtos precisam de ser inovados, melhorados, modificados, aperfeiçoados e substituídos. O modelo T esteve no mercado 19 anos sem sofrer alterações, fez com que os consumidores se cansassem do modelo. Outros fabricantes de automóveis, aproveitaram as ideias de Ford e implementaram-nas, conseguiram fazer outros modelos de automóveis de baixo custo e com outras novidades, visto já não existirem no modelo T. O sucesso de Ford entrava em declínio sendo ultrapassados por outros concorrentes.

Nos finais dos anos 30 um empresário Japonês (Sakichi Toyoda), que queria alargar os seus negócios inclusive o do ramo automóvel, enviou o seu filho (Kiichiro Toyoda) com o fim de estudar o conceito da linha de montagem, que Ford tinha inventado.

O mercado Japonês era diferente do mercado Norte Americano, muito mais pequeno e houve necessidade de adaptar o conceito de Ford às necessidades Japonesas (Liker, 2004).

Kiichiro, Presidente da Toyota, decidiu não fazer só um modelo em grandes quantidades, mas fazer vários modelos em pequenas quantidades, colocando de lado a filosofia de um único modelo. Com a ajuda do Engenheiro Taiichi Ohno, Kiichiro avançou passo a passo para o sistema do (Toyota Production System) TPS, sistema que se baseia na filosofia Lean (Womack, Jones e Roos in Womack e Jones, 2003)

O Engenheiro Taiichi Ohno, nascido em 1912 na China, entrou para a Toyota em 1932 e foi o principal mentor do TPS (Toyota Production System) (Liker, 2004).

O próprio (Ohno, 1990) afirmou que em 1947, que o presidente da Toyota Kiichiro considerava superar os Estados Unidos da América em três anos, na produção de automóveis com o TPS. Kiichiro considerava que se não conseguisse atingir esse objectivo, a indústria automóvel Japonesa poderia entrar em decadência.

Tendo o Japão saído da 2ª guerra mundial completamente destruído, sem indústrias, sem poder económico, sem matérias-primas, mas com uma grande vontade de crescer mundialmente, o TPS era um sistema audacioso. Hoje em dia ainda se estuda o TPS (Ribeiro S. 2011).

O sistema TPS tem como finalidade a eliminação de todo o desperdício que se gera em torno da produção, ou seja, tudo o que não acrescenta valor na criação do produto. Segundo Ohno (1990), foram ajustados os procedimentos e alterados os equipamentos para tornar possível a entrada em funcionamento desta metodologia, resultando na redução da quantidade, na variedade e na qualidade dos produtos. Um fluxo adequado na linha de montagem é essencial neste sistema, que se caracteriza pela formação adequada dos trabalhadores, permitindo a sua polivalência no manuseamento dos equipamentos (situação não verificada na fabrica de Henry Ford) (Ribeiro S. 2011). Para Ohno (1990) existiam dois princípios fundamentais para o sucesso do TPS:

- **Just in time (JIT)**

O JIT é a entrega dos produtos correctos, no tempo indicado, na quantidade certa ao cliente, ou seja, é um conjunto de princípios, ferramentas e técnicas que permitem à empresa produzir e entregar produtos em pequenas quantidades com rapidez, satisfazendo os requisitos e as necessidades dos clientes. Este princípio também abraça as condições de stock /inventário nulo. O TPS rodeia-se de uma cadeia de abastecedores, que fornecem as matérias-primas à medida do consumo efectuado, eliminando-se, assim, os custos associados aos stocks (Ribeiro S. 2011)

- **Jidoka (Automação)**

O Jidoka assenta na qualidade ao longo da linha de produção. Sempre que é detectado um defeito, é efectuada a paragem das linhas de produção: detecta-se o erro, corrige-se a situação e só depois se inicia novamente o processo, assegurando assim um eficaz controlo de qualidade. A implementação destes conceitos mantém-se até aos dias de hoje na Toyota e será a partir destas fundações que mais tarde surge a filosofia do Lean (Ribeiro S. 2011).

Identificação do desperdício, tudo o que for superior à quantidade mínima pedida, materiais, equipamentos, mão-de-obra, é considerada desperdício. Desperdício é tudo o que não acrescenta valor ao produto.

2.5.2 Quais os objectivos

Os objectivos do Lean são, fornecer os produtos com a mais elevada qualidade, com o menor custo e tempo possível (Liker, J. e Meier, D., 2004). Dar formação aos trabalhadores, para que o trabalho quando saia das suas mãos tenha a máxima qualidade e não tenha de ser refeito. Reduzir o deslocamento interno de peças e trabalhadores.

2.6 Ferramentas Lean aplicadas à manutenção

2.6.1 Introdução de ferramentas

Existem algumas dificuldades na definição das ferramentas Lean, isto porque alguns autores definem o mesmo instrumento como ferramenta, outros autores consideram uma técnica ou um método. Demonstrando o pensamento dos autores. O autor Bicheno J. (2008), diz que O TPM é uma ferramenta, enquanto para outro autor Pinto J. (2009) é um método da introdução da cultura Lean.

Para se entender todo o estudo recorreu-se à origem do Lean, para se entender cada conceito: Métodos, processos, sistemas, técnicas e ferramentas.

Existem várias definições para métodos, algumas destacam-se mais do que outras, vamos ver aquelas que têm mais relevância.

Método é um caminho para alcançar um determinado fim ou objectivo, é um conjunto de princípios e procedimentos orientados de uma pesquisa científica.

Os autores Mariani (2005) e Werkema (1995) dizem nos seus livros, processo é *“uma combinação dos elementos equipamentos, métodos ou procedimentos, condições ambientais, pessoas e informação do processo ou medidas, tendo como objectivo a fabricação de um produto ou fornecimento de um serviço”*.

Na figura 13 mostra algumas das ferramentas utilizadas na indústria e serviços. As ferramentas que serão utilizadas no caso de estudo, estão desenhadas a uma cor diferente das outras e estão descritas mais à frente.

Para a selecção das ferramentas a abordar na presente dissertação foi construída uma tabela onde constam três autores de referência.

Ferramenta / Metodologia	Campo de Aplicação		Proposto por:		
	Indústria	Serviços	Womack (2003)	Bicheno (2005)	Pinto (2009)
VSM	x	x	x	x	x
5S	x	x	x	x	x
Manutenção produtiva total (TPM)	x	x	x	x	x
Kaizen	x	x	x	x	x
Poka-Yoke	x	x	x	x	x
SMED	x	x	x		x
3Mudas	x	x	x	x	x
Fluxo contínuo	x	x	x	x	x
Voz do cliente (VOC)	x	x	x	x	x
Gráfico Radar		x		x	x
Swimlanes		x			x
Uniformização do trabalho	x	x	x	x	x
Self Direct Work Team	x	x	x		
Jidoca	x	x	x		
Heijunka (nivelamento da produção)	x	x	x	x	x
kanban	x		x		x
Arranjo celular	x	x	x		x
Takt Time	x	x	x	x	x
Diagrama Ishikawa	x	x	x	x	x
5W2H	x	x	x		x
FMEA(Análise Modal de Falha)	x	x			x
Desdobramento QFD	x	x			x
Método científico	x	x			x
Gestão Visual	x	x	x	x	x
Análise da cadeia de valor	x	x	x		x
Hoshin Kanri	x	x			x
TOPS 8D	x	x			x
Pull	x	x	x	x	x
Just in time (JIT)	x	x	x	x	x
Relatório A3	x	x		x	x
Control chart for service		x		x	
Caixa das oportunidades		x		x	
Capacidade gestão do serviço		x		x	
Layout	x	x		x	
Diagram esparguete		x		x	
Quadro de comunicação		x		x	
Fidelização clientes		x		x	
SIPOC		x		x	x
Layers		x		x	x

Figura 13 – Tabela de ferramentas Lean

2.6.2 Ferramentas de diagnóstico

1. Voz do consumidor (VOC)

A *Voice of the customer* (VOC) é uma ferramenta que tem como objectivo melhorar a qualidade dos bens produzidos ou do serviço prestado através da identificação das reais necessidades dos clientes finais. Desta forma evita-se a incorporação de características ou funcionalidades, nos produtos ou serviços, que aumentam o preço dos mesmos e não acrescentam qualquer valor para os clientes finais, evitando assim que os clientes paguem esse aumento de preços. A preocupação e o foco nas necessidades dos clientes finais é um dos princípios Lean que são alcançados pela aplicação desta ferramenta. Esta ferramenta recorre à utilização de técnicas como os questionários de satisfação de clientes. A aplicação destes questionários deve ser feita com cuidado de forma a conseguir conhecer as reais necessidades dos clientes, evitando questões abertas que possam ser pouco conclusivas sobre as preferências dos clientes.

2.6.3 Ferramentas de identificação de desperdício

1) Mapa da cadeia de valor – VSM (Value Stream Map)

No mapeamento da cadeia de valor (VSM) Value Stream Map, torna-se necessária a definição de valor. Segundo Womack (2003), o mapeamento da cadeia de valor é feito pelo cliente, só é significativo quando expresso em termos de produtos específicos (bens ou serviços), de forma que atenda as necessidades do cliente a um preço e momento específico.

Segundo Shingo (1996), a produção consiste num fluxo de processo e operações, sendo cada processo um fluxo de material. O processo é a transformação da matéria-prima em produtos semi acabados, as operações são os trabalhos executados para realizar essas transformações.

Para uma correcta abordagem da técnica, o fluxo de produção deve ser coberto posto a posto dentro do plano, incluindo a entrega do plano do cliente e o recebimento dos gastos de matéria-prima. Considerando o fluxo de produção, o que normalmente vem à mente é o fluxo de material dentro da empresa. Ainda existe outro fluxo, o de informação, que informa a cada processo o que produzir ou fazer a seguir. Os fluxos de material e de informação devem ser projectados juntos.

Nessa abordagem é delineada uma visão do estado actual e projectada uma ideia do estado futuro desejado. A partir desse ponto, empregam-se várias ferramentas que são aplicadas sobre pontos críticos levantados pelos projectados do fluxo do processo.

Os mapas têm a finalidade de mostrar o formato físico da produção antes da implementação dos resultados propostos pela ferramenta, os quais podem ser observados no mapa do estudo implementado.

No planeamento dos mapas, tanto o fluxo de processos quanto o de informações devem ser trabalhados com a mesma importância. Anteriormente, focava-se somente na produção, o desperdício do fluxo de informações não era considerado, podendo aumentar ou reduzir o valor agregado, em função da sua estrutura.

Antes de se executar o projecto do fluxo do valor, deve-se identificar adequadamente a área que vai ser projectada. Esta é chamada de linha, família ou grupo de produtos.

Cabe fazer uma análise do estado corrente da produção a ser estudada, a fim da implementação de melhorias, garantindo assim a eliminação de desperdícios.

O projectado dos mapas deve ser iniciado dentro do conceito posto a posto, desenhando-se o processo de fabricação por meio da utilização de ícones sugeridos, ou de ícones adicionais, que sejam de fácil compreensão por todos os trabalhadores da empresa.

Quando necessário, o nível de amplitude poderá ser mudado, focalizando-se no projecto dos mapas para cada etapa individual num tipo de processo, ou ampliando-se para abranger o fluxo de valor externo à planta.

Na realização dum projecto de mapas, tanto o fluxo do processo, quanto de informação deve ser trabalhado com a mesma importância. É eficiente a utilização de “dicas” para este projectado de mapas:

- As informações do estado actual, quanto possível, devem ser recolhidas junto dos fluxos reais de materiais e informação.
- Um acompanhamento geral ao longo do fluxo deve ser feito, para a compreensão do processo. Posteriormente as informações de cada fase deverão ser reunidas.

- O trabalho do projectado de mapas deve começar pela expedição, ou seja, do ponto mais próximo do cliente para o início do encadeamento.
- Os dados teóricos, como o tempo de período, devem ser medidos para evitar falhas por falta de actualizações de documentos.
- O mapa deve ser feito à mão e a lápis, para facilitar as anotações e modificações necessárias, no terreno.

2) Os 5 S

A prática dos 5S foi concebida por Kaoru Ishikawa em 1950, no Japão pós Guerra, provavelmente inspirado na necessidade, que existia então de colocar ordem na grande confusão a que ficou reduzido o país após a sua derrota para as forças aliadas. O programa demonstrou ser tão eficaz enquanto reorganizador das empresas e a própria económica Japonesa que, até hoje, é considerado o principal instrumento de gestão da qualidade e produtividade utilizado naquele país (Marco Carvalho 2010).

A prática dos 5S ganhou este nome devido às iniciais das cinco palavras Japonesas que sintetizam as cinco etapas do programa:

- I. Seiri – Separar: Remover todas as ferramentas desnecessárias da área de trabalho, deixando só as ferramentas necessárias para a operação.
- II. Seiso – Limpar: Limpar o espaço de trabalho e garanti-lo sempre limpo, assim consegue-se garantir um espaço harmonioso e agradável de trabalhar.
- III. Seiton – Ordenar: Coordenar e identificar todos os moldes, arrumar os moldes que são mais utilizados ao pé do local de trabalho em estruturas próprias, identificando-os com códigos correspondentes aos produtos.
- IV. Seiketsu – Normalizar: Normalização de procedimentos para garantir que os procedimentos anteriores sejam cumpridos de forma continua em todas as áreas de trabalho.
- V. Shitsuke – Sustentar: É importante que cada trabalhador siga os pontos anteriores e motive os restantes colegas a cumprirem também os pontos, embora por vezes seja difícil

de inculcar estas regras a trabalhadores com muitos anos de ofício, trazendo consigo muita manhas e falta de formação.

Segundo Leite (2008) algumas entidades incluem um sexto “S” na ferramenta dos 5S que é:

- VI. Safety – Segurança: É tida em conta a vertente de segurança dos trabalhadores, como a ergonomia, precauções contra incêndios, protecção de segurança nos equipamentos, formação nos trabalhadores para actuar em casos de emergência, entre outros aspectos do âmbito da segurança e higiene no trabalho (Ribeiro 2011).

3) Identificação dos 3M (Muda, Mura e Muri)

Um dos objectivos das empresas no presente é reduzir os seus custos de maneira que o produto não tenha um elevado valor, a pensar no cliente final. Uma das maneiras de o fazer é evitar desperdícios na produção, manutenção, serviços administrativos e mais alguns serviços que não acrescentam valor ao produto final.

Segundo Amaro da comunidade Lean Thinking (2008) “ *Cada um de nós tem uma ideia do que são desperdícios e esta pode mudar perante diferentes condições. Como é que podemos concordar com uma definição comum de desperdício?*”

Os desperdícios nem sempre são visíveis nem são iguais para todos. Ohno identifica e define três tipos de desperdícios, que são classificados pelos 3MUS: Muda, Muri e Mura (Ribeiro 2011).

- I. **Muda** é uma actividade que não acrescenta valor no produto final para o cliente, mas consome muitos recursos.
- II. **Mura** é o desequilíbrio e variações das operações.
- III. **Muri** é a sobrecarga de trabalhadores e de equipamentos, onde não se verifica a análise de carga de trabalho, agrupada aos recursos disponíveis.

Para Ohno ainda existem mais desperdícios Muda, que são conhecidos como os sete desperdícios mortais (Ribeiro 2011).

- I. **Excesso de produção:** Um dos maiores desperdícios das empresas é produzir mais do que o cliente pede, aumentando o Stock de produtos. Na manutenção é realizar mais operações de manutenção às máquinas do que preciso.
- II. **Tempo de espera:** São ordens de trabalho que se atrasam a chegar ao destino final (produção).
- III. **Transporte desnecessário:** Deslocações desnecessárias dos trabalhadores com os materiais e produtos.
- IV. **Extra processamento:** Algumas das operações dos processos, não servem para nada a não ser para ocupar mais trabalhadores.
- V. **Inventário/Stock:** Qualquer material ou produto que seja produzido ou adquirido em excesso. Na manutenção é a aquisição de bens em excesso para ficarem no armazém à espera que sejam substituídos.
- VI. **Movimentação desnecessária:** Dos produtos, materiais, das ordens de trabalho, trabalhadores, viaturas, etc.
- VII. **Defeitos:** Executar a manutenção com ferramenta inadequada, trabalhadores sem experiência, pode causar danos nos órgãos das máquinas.

Segundo Liker (2004) existe um oitavo desperdício Muda:

- VIII. **Não aproveitamento de potencial humano:** Os trabalhadores da manutenção conhecem bem as máquinas que reparam, por vezes não lhes é dado o devido valor e não lhes dão hipótese de trocar opiniões e conhecimentos.

Com a implementação do Lean e a sua utilização, os desperdícios tendem a diminuir ou mesmo desaparecer, para evitar o aparecimento do desperdício é muito importante descobrir a origem do aparecimento dos erros.

Segundo Ribeiro (2011) a *Comunidade Lean Thinking* identifica algumas causas que estão na origem dos Mudanças anteriores.

- Fluxos obstruídos; problemas com o *layout* dos equipamentos; problemas nos processos dos fornecedores; produção não balanceada; lotes de grandes produções.

Identificar os desperdícios e detectar a origem das suas causas, não é o suficiente para a eliminação do desperdício. É necessário descobrir a causa primária do problema para se poder eliminar os desperdícios. É importante fazer um estudo minucioso a cada caso.

Segundo Ribeiro (2011), Ohno menciona que, para uma correcta identificação das causas que originam os desperdícios, é necessário questionar o departamento da produção, pelo menos cinco vezes, é a técnica dos cinco porquês (5 Whys). Ohno dá como exemplo o caso de uma máquina que parou durante a produção:

- I. **Porque** é que a máquina parou? (Esta deve ser a primeira pergunta a ser colocada). Ocorreu uma sobrecarga de corrente eléctrica, dando origem ao corte de corrente, surge a necessidade de aprofundar esse assunto.
- II. **Porque** é que ocorreu a descarga? Porque a lubrificação nos rolamentos e chumaceiras era insuficiente.
- III. **Porque** é que aconteceu para essa má lubrificação? O problema ocorre na bomba de óleo que não permite ter o caudal suficiente para a lubrificação dos rolamentos.
- IV. **Porque** é a bomba não tem caudal suficiente para a circulação? Porque a bomba está entupida com resíduos metálicos.
- V. **Porque** é que bomba tem esses resíduos metálicos? A bomba não tem filtro de óleo.

Através dessas cinco perguntas dos “**porquês**” foi determinado o problema da falta de óleo nos rolamentos.

Segundo Ribeiro (2011), para determinação do problema, Shingo e Dillon (1989) acrescentaram as seguintes perguntas dos **5W** e **1H**, correspondendo a cinco perguntas iniciais por W e uma pergunta por H:

- 1W. Who** – Quem tem o problema?
- 2W. What** – Qual é o problema?
- 3W. When** – Quando é que o problema aparece?
- 4W. Where** – Onde é que o problema ocorre?
- 5W. Why** – Porquê que ocorre o problema?
- 1H. How** – Como é que se pode resolver o problema

Os **5W e 1H** são colocados à medida que existe uma falha no processo, com vista à solução do desperdício. Após o **5W – Why**, continua-se a introduzir os cinco porquês identificados por Ohno, para a localização concreta da causa do problema. Com a pergunta **1H**, pretende-se resolver o problema (Ribeiro 2011).

Existe um provérbio que diz “*errare humanum est*” (*errar é humano*). Existindo trabalhadores (sendo eles humanos) no processo produtivo, os erros podem acontecer a qualquer momento. As perguntas **5W e 1H** pretendem divulgar problemas que não são visíveis, identificando as causas que naquele momento são consideradas desperdícios. Depois de identificar e corrigir os desperdícios, os trabalhadores passam a gerar valor no processo (Ribeiro2011).

Foi visto anteriormente por Ribeiro (2011) que a aplicação do **5W e 1 H** é uma maneira de eliminar as causas, embora a *Comunidade Lean Thinking* tenha identificado outras formas:

- Investimento na formação dos trabalhadores.
- Uniformização das operações, processos e materiais, ou seja estabelecimento de um procedimento padrão.
- Utilização de controlo visuais de forma a facilitar as operações, o seu controlo e a comunicação.
- Focalização da produção nos requisitos do cliente.
- Auditorias aos processos para revelar problemas e estrangulamentos.
- Controlo de qualidade, durante todo o processo produtivo.
- Mudança de mentalidade, através do empenho das chefias e trabalhadores.
- Optimização dos requisitos de fiabilidade aos equipamentos.
- Optimização dos requisitos de fiabilidade aos equipamentos.
- Comunicação adequada entre todas as áreas do processo.
- Aplicação de sistemas Just in Time

Womack, em 2006, refere que no início da filosofia Lean incentivou primariamente à eliminação dos **Mudas**, não dando tanta importância ao **Muri** e ao **Mura**. Em 2006 apercebe-se que esses dois tipos de desperdício são as causas primárias para o aparecimento do **Muda** (Ribeiro 2011).

O autor considera que primeiro tem de se eliminar o **Mura**, Perguntando o “**porquê**” da existência desta variação nas actividades, visto que o cliente nada solicitou, seguidamente deve-se avançar para o **Muri**, analisando “**como**” suavizar e estabilizar as operações, para que a sobrecarga seja eliminada. Só assim é que uma empresa pode evidenciar a atenção nos **Mudas**,

para garantir que os mesmos sejam eliminados rapidamente e de uma forma definitiva (Ribeiro 2011).

4) Ferramenta Poka-Yoke (mecanismo anti erro)

Por vezes em operações de maquinagem os operadores podem colocar a peça em sentido contrário, estragando as peças, encurtando a vida útil das ferramentas, aumentando o desperdício. Uma das soluções para que não existam erros destes é fazer um gabarit, em que a peça só tem uma posição de entrada conforme as Figuras 14e 15. Esta ferramenta dá-se o nome de Poka-Yoke. Permite que os trabalhadores estejam concentrados no seu trabalho sem estar desnecessariamente atentos à prevenção de erros (Kiyoshi Suzaki, 2010).

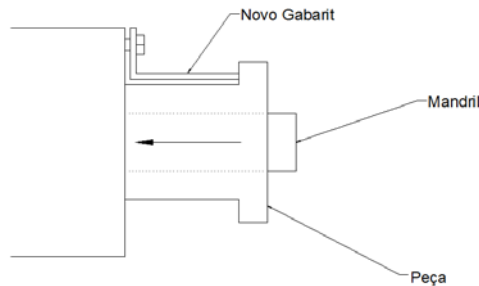


Figura 14 – Mecanismo anti erro
Adaptado do livro Gestão de Operações Lean, executado pelo Autor

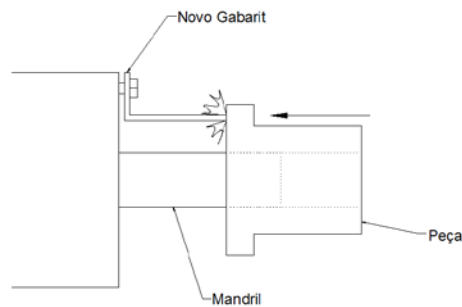


Figura 15 – Mecanismo anti erro
Adaptado do livro Gestão de Operações Lean, executado pelo Autor

2.6.4 Ferramentas de criação de valor

1) Kaizen

Kaizen é um termo Japonês que pode ser interpretado como melhoria contínua de um trabalhador, porém quando aplicado à empresa, é interpretado, também como melhoria contínua dos processos de produção e administrativos. Procura a perfeição do processo produtivo, uma vez que este não acaba, ou seja, após um Kaizen, sempre haverá outros futuros, mantendo sempre “aceso” o sistema.

Segundo Imai (1986), *“Kaizen significa melhoria contínua. Mais do que isto significa continuar a melhorar a vida pessoal, da vida em casa, da vida social e na vida profissional. Quando aplicado ao local de trabalho, Kaizen significa melhoria continua envolvendo a todos, desde os administradores até aos trabalhadores, todos por igual.”*

Com o direccionamento para pagar os custos, o Kaizen pode ser tratado como uma melhoria contínua aplicada á redução de custos na fase de produção da vida de um produto.

Segundo Imai (1986), a melhoria contínua significa a excelência empresarial que necessita de aprimoramento em todas as actividades. Por isso faz-se a necessária administração das actividades para reduzir os desperdícios, procurando a perfeição em todas as áreas.

Kaizen é um conceito de guarda-chuva, que abrange a maioria das práticas *“exclusivamente Japonesas”* que recentemente atingiram a fama mundial. A informação da estratégia do Kaizen, é que nenhum dia deve passar sem que algum tipo de melhoramento tenha sido feito nalgum lugar da empresa, este deve ser uma rotina na procura da excelência dos processos produtivos.

O Kaizen é também um processo de resolução de problemas, pois, exige o uso de várias ferramentas de solução. O melhoramento atinge novas alturas com cada problema que é resolvido, para fortalecer o novo nível que deve ser padronizado.

O primeiro pilar do Kaizen está direccionado para a administração. Ele é crucial, já que se concentra nas questões mais importantes como a logística, estratégia e oferece o incentivo para manter o progresso e a moral. Os tipos de projectos de Kaizen, estudados pela administração, exigem experiência sofisticada em resolução de problemas, bem como conhecimento profissional e de Engenharia, embora as ferramentas simples de estatística possam ser suficientes em determinadas situações.

Os projectos do Kaizen normalmente manifestam-se na forma de sugestões. Nesse caso a atenção e a receptividade da administração para com o sistema de sugestões seja essencial, caso deseje ter “*trabalhadores pensadores*”, que procuram melhorar a realização do seu serviço. Desta forma deve de haver uma implementação de um plano bem estruturado para assegurar que o sistema de sugestões seja dinâmico.

Estes sistemas de sugestões estão em operação na maioria das grandes empresas de produção e em cerca de metade das pequenas e médias empresas. Segundo a Associação Japonesa de recursos Humanos, os principais assuntos das sugestões neste sistema das empresas Japonesas são:

- Melhoramentos no próprio posto de trabalho.
- Economia de energia, materiais e outros recursos.
- Melhoramento no ambiente de trabalho.
- Melhoramentos nas máquinas e processos.
- Melhoramento nos dispositivos e ferramentas.
- Melhoramento no trabalho do escritório.
- Melhoramento na qualidade do produto.
- Ideia de novos produtos.
- Serviços e relações com o consumidor.

2) Fluxo contínuo

O fluxo contínuo é a resposta à necessidade de redução do lead time de produção. A implementação de um fluxo contínuo, normalmente requer a reorganização e o arranjo do layout industrial. É realizada a conversão dos tradicionais layouts funcionais (ou layout por processos) onde as máquinas e recursos estão agrupados de acordo com os seus processos (ex: grupo de fresas, grupo de brocas, grupo de chaves, entre outros) para os postos de produção, compostas dos diversos processos necessários à fabricação de determinados grupos de produtos.

A conversão das linhas tradicionais de fabricação e montagem em células de produção é somente um pequeno passo em direcção à implementação da produção magra. O que realmente conduz ao fluxo contínuo é a capacidade de implementação de um fluxo unitário (um a um) de produção, caso em que, no limite, os stocks entre processos sejam completamente eliminados.

Desta forma garante-se a eliminação das perdas por stock, perdas por espera e obtém-se a redução do *lead time* da produção.

Segundo Shingo (1996), a sincronização do fluxo de peças individuais, pode acabar com a espera entre processos. A implementação de um fluxo contínuo de produção necessita de um balanceamento perfeito das operações ao longo dos postos de fabricação e montagem. A abordagem da Toyota para o balanceamento das operações difere da abordagem tradicional.

3) Troca rápida de ferramentas (SMED)

A troca rápida de ferramentas é considerada como uma das técnicas mais relevantes, para atingir os resultados esperados na produção magra. Para a visão de Shingo (1996), o primeiro passo para a inovação da produção e a troca rápida de ferramentas, envolvendo mudanças, usualmente utilizadas pelas empresas.

A troca rápida de ferramentas consiste num conjunto de procedimentos e métodos para a execução das operações de setup da forma mais rápida e eficiente possível. Na definição de Moura (1994), setup é um conjunto de actividades necessárias desde o momento em se acaba a última peça, do lote anterior, até ao momento que é executada a primeira peça do lote seguinte.

SMED (Single-minute Exchange of dies), sinónimo de setup, aparece como meta da troca de ferramentas deve ser reduzida a um dígito, ou seja, deve ser realizada em menos de dez minutos, (Léxico Lean 2003).

Segundo Corrêa e Gianesi (1993) sugerem algumas indicações práticas que devem ser utilizadas como método para obtenção de tempo para o setup de uma máquina:

- a. Documentar como o setup é realizado actualmente: procurando eliminar passos desnecessários e reduzir o tempo dos passos indispensáveis.
- b. Separar de forma sensata os setups internos (actividades que devem ser realizadas com a máquina totalmente parada) de setups externos (actividades que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento).
- c. Transformar setups internos em setups externos em todas as actividades que apresentem esta possibilidade.

- d. Preparar minuciosamente, de forma antecipada, todo o processo do próximo setup a ser realizado.
- e. Aperfeiçoar os equipamentos para que se permita uma preparação, simplificada e com menor ajustes possíveis.
- f. Aperfeiçoar os métodos para que um trabalhador possa realizar maior parte dos setups.
- g. Estar ciente de que a máquina sofrerá setups, assim desta forma, utilizar as máquinas dando prioridade à simplificação dos setups, organizando máquinas com processos idênticos, evitando usos indevidos.
- h. Praticar, no sentido de treinar, os processos de preparação das máquinas.

Outro ponto importante a ser observado, são as actividades auxiliares dos setups, Tubinio (1999) classifica como desnecessárias, pois são actividades que não fazem parte do setup, desta forma devem ser completamente eliminadas. Shingo (1996) compartilha desta opinião, e acrescenta ainda que a eliminação destas actividades desnecessárias, somadas à separação e à organização entre setups internos e externos, possibilita a redução dos tempos tradicionais de setup em 50%.

No contexto de racionalização do processo do setup, em primeiro deverão ser identificadas e classificadas as actividades de setups internos e externos. A partir da identificação deve haver um estudo elaborado apontando a transformar actividades de setup interno em actividades de setup externo, de modo a realizar paragem das máquinas só quando houver necessidade. Na sequência, deve ser feito um estudo com olhos críticos, deve ser realizado em cada operação de setup, interno e externos, observando a melhoria e a redução de tempos, dando valor aos resultados de trabalho (Shingo, 2000; Moura 1994; Black, 1998).

Seguindo este raciocínio, Shingo (2000) propõe a técnica da procura e eliminação da necessidade de setup, apontando três pontos essenciais para a sua realização:

- a. Projecto de produtos inteligentes: através da padronização e redução da quantidade dos componentes.

- b. Produção evidenciada: através da concentração da produção em células ou linhas dedicadas exclusivamente a uma gama de produtos específicos.
- c. Produção em grupos: através do desenvolvimento de ferramentas inteligentes que possam produzir no mesmo setup diferentes artigos ao mesmo tempo.

Com estes objectivos atingidos, torna-se viável a minimização dos stocks e a flexibilização da produção, possibilitando a produção em pequenos lotes, permitindo ajustes de acordo com as modificações pedidas (Shingo, 1996).

2.6.5 Outras ferramentas Lean

1) Andon (Sinal luminoso que indica a existência de problemas)

Segundo Kiyoshi (2010), numa fábrica onde não estejam a decorrer acções de melhoria, a diferença entre as situações normais e anormais é praticamente imperceptível. Quando existe um problema, pode ser ocultado por Stock excessivo, falta de sistemas de feedback rápido e controlo, ou pela incapacidade dos trabalhadores em o assumirem.

Numa fábrica bem gerida, os projectos de melhorias são acompanhados activamente e os problemas expostos rapidamente, para que possam ser tomadas acções correctivas. Isto é fundamental para uma boa gestão. Mas problemas e anomalias precisam de ser suficientemente óbvias para chamar a atenção dos trabalhadores. O Andon é utilizado como ferramentas para o fazer.

Andon significa “*lanterna*” em Japonês. Tal como uma lanterna que orienta as pessoas no escuro, uma luz Andon ajuda a expor as anomalias na fábrica. Devido à ênfase dada aos métodos visuais para rápida transferência de informação, a esta prática dá-se o nome de “*gestão visual*” ou “*controlo visual*”.

Luzes Andon, alarmes e câmaras de vídeo facilitam a transferência imediata de informação. Quando as operações estão ligadas por estes meios, a fábrica funciona de forma semelhante aos nossos reflexos. São tomadas acções correctivas imediatas, tal como os nossos músculos afastam a nossa mão quanto tocamos num prato quente.

Quando acontece um problema numa operação de montagem – defeitos, faltas de material ou avarias – o operário carrega num botão de emergência para chamar a atenção do supervisor, e acende-se uma luz amarela. Se o problema não for prontamente resolvido, a linha pode parar num ponto pré-designado e acende-se automaticamente uma luz vermelha. Se é uma linha longa, com muitos trabalhadores, pode ser utilizado um painel luminoso largo, que mostre todo o processo, atribuindo números a cada um.

- Pode ser utilizada uma luz Andon no abastecimento de peças aos diferentes sectores da fábrica, informando a logística interna sobre o local para onde deve ser levado o material. Por exemplo quando for necessário repor o Stock de determinada peça, o trabalhador carrega num botão. Quando a luz acende, a logística interna leva as peças para o devido local. É semelhante ao aluguer de uma limusina que vem quando é chamada. Outra aplicação é semelhante a um autocarro que obedece a rotas e horários estabelecidos. As peças são repostas em ciclos, para satisfazer as necessidades dos trabalhadores. Neste caso podem ser colocadas luzes Andon em vários locais.
- Pode-se utilizar luzes Andon para indicar a situação das máquinas. Neste caso, vermelho pode indicar avaria ou problemas de qualidade, amarelo uma operação de setup ou abastecimento de peças.
- Para indicar o progresso de uma operação em particular (especialmente uma demorada – por exemplo, mais de dez minutos), pode ser utilizada uma luz Andon para monitorizar o tempo. O trabalhador consegue, desta forma, acompanhar facilmente esta operação, ao mesmo tempo que executa tarefas adicionais.

2) Kanban

Segundo Kiyoshi (2010), Kanam significa “cartão” em Japonês é uma ferramenta de controlo da produção. É também uma ferramenta para facilitar melhorias, como será explicado à frente. Infelizmente, têm acontecido algumas confusões quanto à sua utilização e finalidade.

Algumas pessoas confundem Kanban com JIT, ou comparam-no a um sistema de Stocks. Isto não é correcto. Para que consigamos retirar o máximo de proveito da sua utilização, é preciso compreender perfeitamente qual o papel do Kanban e de que forma se relaciona com as restantes actividades de produção.

Veremos que só funciona em pleno quando combinado com outras metodologias JIT tais como o planeamento de produção nivelado em/mix, boas práticas de organização do posto de trabalho e um bom fluxo de produção. Quando se combinam todas estas metodologias, atingimos a máxima potência de um novo sistema de operações.

A história do Sr. Taiichi Ohn, da Toyota, fundador do sistema Just-in-time, é uma ajuda preciosa para compreender os princípios fundamentais do conceito Kanbam.

O Sr. Ohno já tinha ouvido falar da eficácia do sistema americano de supermercados, antes de visitar os Estados Unidos da América pela primeira vez em 1956. O seu principal interesse era compreender o método dos supermercados e a sua aplicação na área produtiva. O Sr. Ohno viu que um supermercado pode ser equiparado a um processo a montante de uma fábrica. O processo a jusante (cliente) dirige-se ao processo a montante (supermercado) para obter as peças que necessita (mercadorias), no instante e quantidade necessária. O processo a jusante repõe a quantidade de peças para que o processo seguinte (cliente) as recolha novamente mais tarde.

O Sr. Ohno começou a implementar este método de supermercado na Toyota em 1953, antes da sua visita aos Estados Unidos. Durante a visita, confirmou que a ideia de produção JIT era possível. Um dos vários problemas com que se debateu durante o desenvolvimento de um novo sistema de produção foi a confusão na definição das propriedades de produção pelos processos a montante. Acontecia o problema sempre que um processo jusante levava uma grande quantidade de uma determinada peça de uma só vez.

Após muitas tentativas e erros, a solução alcançada passava pelo planeamento da produção nivelada em/mix. Sem este conceito, o sistema de supermercado não conseguia funcionar bem. Claro que, na teoria, o sistema vai funcionar se existirem grandes quantidades de Stock. Na prática, isso não é possível.

O Kanbam é uma ferramenta que foi introduzida para fazer com que o supermercado funcione. Trata-se de uma palavra Japonesa que significa “*cartão*” ou “*cartão de instruções*”. Num contexto fabril, é um cartão que identifica a referência da peça, quantidade, origem e destino etc. Com esta informação base, vamos primeiro observar como funcionaram estes cartões se aplicássemos num contexto de supermercado.

Os artigos que os clientes retiram das prateleiras terão cartões Kanbam anexos. Na caixa, ao pagar a conta, são recolhidos todos os cartões, para que os funcionários do supermercado saibam quantos artigos foram vendidos em determinado período. Os cartões recolhidos são

então enviados para o departamento de compras, para que seja “*puxada*” do armazém a quantidade correspondente aos artigos em falta.

Se imaginarmos que existe uma fábrica anexa ao armazém, poderíamos ter cartões de “*produção*” anexos aos artigos em armazém. Os cartões Kanban recolhidos pelas compras (vamos dar-lhe o nome “*cartões de transporte*”) seriam trocados pelos “*cartões de produção*”, antes de retirar os artigos.

Agora temos a mesma quantidade em cartões de produção e artigos vendidos. Quando estes cartões são recolhidos pela produção, os artigos correspondentes vão ser produzidos na quantidade que indicam, sendo depois transferidos para o armazém com os respectivos cartões em anexo.

Com este método de “supermercado” para manuseamento de materiais e operações de produção, podemos reduzir as funções de planeamento e expedição, enquanto os fluxos de materiais e produção passam a ser controlados por cada um dos trabalhadores envolvidos no manuseamento dos cartões. As funções dos responsáveis pelo planeamento e expedição podem mudar para simplesmente controlar ou actualizar o sistema.

Capítulo 3 – Metodologia Lean na área da manutenção

Segundo Wireman (2009) uma organização Lean existe quando os níveis de produtividade e eficiência são altos. Ao analisar, Mather (2007) como efectuo, no Merriam – Wwebster online directionary, a própria definição de eficiência –“*produtividade sem desperdício*”, verifica-se que a filosofia Lean tem uma clara eliminação de desperdícios existentes.

Nenhuma organização consegue adquirir essa alta produtividade, sem a eliminação de desperdícios, e alta eficiência, sem a garantia de que os equipamentos, com os quais se produz e de que necessita diariamente, não incutem defeitos ou falhas no processo produtivo. Ao se aplicar o Lean na manutenção pode-se ter a garantia da fiabilidade dos equipamentos.

Na manutenção, os clientes são os próprios trabalhadores internos da empresa (Ross, 2008), ou seja, os vários departamentos de uma empresa dependem da manutenção dos equipamentos para que o seu funcionamento decorra normalmente sem paragens.

Assim como nenhum departamento (cliente) participa na existência de elevadas manutenções correctivas, também não concorda com uma manutenção preventiva fraca. Os departamentos (clientes) esperam sim, que exista um programa de manutenção adequado, sendo este um dos princípios da manutenção Lean.

Os autores citados neste capítulo focam os seus estudos na manutenção da produção, no entanto os conceitos aqui transmitidos são transversais à manutenção em geral.

3.1 Manutenção Magra

Segundo Bagadia (2008) Lean na manutenção é a aplicação da filosofia Lean, dos seus métodos, ferramentas e técnica de manutenção dos equipamentos de uma empresa, tendo, a par da produção, os mesmos objectivos. Os principais objectivos do Lean da manutenção passam por detectar os desperdícios e a sua posterior eliminação, o resultado final contemplará um aumento da fiabilidade dos equipamentos e uma redução de custos. Este é sempre o propósito final da empresa, alcançar a vantagem competitiva em relação aos concorrentes.

Aplicados os conceitos do Lean à realidade da manutenção, os resultados podem diminuir os custos, aumentar a produtividade e a fiabilidade dos equipamentos. Estando garantidas as condições para que um equipamento funcione, ou seja, as condições para que foi concebido, realizando o que foi previsto pelo fabricante.

3.2 Lean na manutenção

Segundo Smith (2004), os princípios para a implementação Lean (valor; fluxo de valor; fluxo contínuo; puxar; perfeição) só podem ser implementados na manutenção de uma empresa, após a formação e o entendimento das bases necessárias para a manutenção do sucesso.

Segundo Ribeiro (2011) citando Mather (2007), considera que muitas organizações basearam-se nos princípios e nas mesmas iniciativas de Lean na produção, para introduzirem Lean na manutenção, sem compreenderem que a dinâmica do negócio da manutenção é diferente da produção. Será, por isso, essencial, descentralizar o foco da produção e insistir numa análise a longo prazo na manutenção, como forma de prevenção de avarias súbitas.

Assim o autor indica que não é conveniente fazer uma aplicação directa do *Lean*, pois a produção é motivada acima de tudo pelas vendas, logo a produção tem noção no momento se ocorrer um crescimento ou diminuição da produção. Na manutenção isso não acontece, existe um Programa de Manutenção a cumprir, integrando também a ocorrência de paragem ou avarias não previstas. Para diferenciar a produção da manutenção o autor dá o exemplo na questão de stocks, referindo na produção iniciativas como o “just in time” se adaptam, uma vez que esta área tem a noção do que produzir, conhecendo as necessidades do cliente. Na manutenção o autor já indica a necessidade de uma situação, mantendo o stock numa base de “just in case”, prevenindo situações de ocorrência de avarias não previstas.

Uma das diferenças entre a manutenção e a produção é a sua eficiência produtiva, decorrendo de operações que se realizam no momento, logo para a eliminação de desperdícios são analisadas as acções a efectuar no dia-a-dia, ao longo de todo o processo. Na manutenção isso não é tão linear, pois um equipamento pode ser colocado acima das suas condições (sobrecarga) para o qual foi projectado, o que induz uma diminuição precoce na vida do mesmo, o que por sua vez está associado a um dispêndio de recursos (humanos e materiais), antes do tempo previsto no plano de manutenção do equipamento. Assim se justifica a necessidade de uma análise a longo prazo, quando se aplica o Lean na manutenção.

3.3 Desperdícios Lean na manutenção

1. **Trabalho improdutivo**, realizar toda e qualquer actividade que não acrescente valor, neste caso está-se a referir a acções de manutenção preventiva, executadas mais vezes do que o necessário.
2. **Repetição do trabalho**, ter de repetir as mesmas tarefas ou ter de executar outras, adicionalmente, devido a trabalhos mal executados inicialmente. Sempre que ocorre uma necessidade imediata e urgente, os trabalhadores dessa acção de manutenção, ficam bastante pressionados para que o equipamento seja reparado rapidamente, a fim de regressar à sua situação anterior, podendo não lhe ser dado o tempo suficiente, para que a mesma reparação seja corrigida correctamente.
3. **Tempo de espera**, tal como na produção, mas neste caso por peças, máquinas, ferramentas e trabalhadores necessárias para realizar a acção de manutenção ou o aguardar pela atribuição do serviço a executar, instruções, entre outras. Como as esperas não acrescentam valor devem ser eliminadas ou reduzidas ao mínimo.
4. **Movimentações desnecessárias**, também este desperdício existe na produção, mas na manutenção corresponde a idas à procura de ferramentas, deslocações para a obtenção de manuais técnicos, movimentações de bancadas de trabalho, ou deslocações de material para outras áreas, devido a terem sido solicitadas para diferentes acções de manutenção.
5. **Má gestão do inventário**, não ter o material adequado para as acções que estão a ser executadas. Também inclui a existência de equipamentos obsoletos e excesso de inventário (em ambos os casos significa capital investido e consumo de recursos para a sua gestão).
6. **Não aproveitamento do potencial humano**, utilizar as pessoas só pelas qualificações que têm e não as utilizar, inclusivamente, consoante as suas capacidades ou experiência.
7. **Ineficaz gestão de dados**, recolha de informação que não tem utilidade e a não obtenção de informação considerada vital. Empresas que já controlam a sua manutenção através de *computer managed maintenance system* e do qual esse controle é ineficaz. Ineficácia essa reflectida na inexistência de uma correta gestão dos dados, nem uma interligação com os mesmos, nas diversas fases do processo da manutenção, obrigando

a serem introduzidos repetidamente esses dados, compelindo a existência e a redundância dos mesmos.

8. **Má aplicação das máquinas**, a operação incorrecta dos equipamentos ou estratégias deliberadas para que a manutenção seja efectuada, quando não há necessidade de a mesma ocorrer.

3.4 Ferramentas Lean aplicadas ao caso de estudo

As ferramentas Lean aplicadas ao caso de estudo são as de diagnósticos, identificação de desperdícios e criação de valor, como se pode ver na tabela 5 da figura 16. Estas ferramentas são classificadas por, fortemente aplicáveis FA quando se aplica totalmente no caso de estudo, aplicáveis A quando se pode aplicar alguns conceitos da ferramenta e, pouco aplicáveis PA quando não se aplica a ferramenta.

Ferramentas Lean	Diagnóstico	Identificação de desperdício	Criação de valor
VOC	FA	PA	PA
5S	PA	FA	A
3Mudas	PA	FA	PA
Poka-Yoke	PA	FA	PA
VSM	PA	FA	PA
Kaizen	PA	PA	FA
Fluxo contínuo	PA	PA	FA
Semed	PA	PA	FA
TPM	PA	PA	FA

Figura 16 – Ferramentas Lean para se aplicar no caso de estudo

Fortemente Aplicável- FA

Aplicável- A

Pouco Aplicável- PA

3.5 Utilização de indicadores de desempenho KPI nos desperdícios

I. Aplicação dos indicadores de desempenho na Indústria

Segundo a norma NP EN 15341 (2009), quando o desempenho real ou esperado não é satisfatório, incentiva a gestão a definir objectivos e estratégias para melhorar, a partir de um ponto de vista económico, técnico ou organizacional, utilizando o seguinte sistema de

indicadores, permitindo à organização medir o estado, avaliar e comparar o desempenho, identificar pontos fortes e fracos, medir o progresso e controle de mudanças ao longo do tempo.

A medição e análise destes indicadores podem ajudar a gestão a definir objectivos, planejar estratégias e acções, divulgar os resultados, a fim de informar e motivar os trabalhadores.

Estes indicadores podem ser utilizados periodicamente, por exemplo, preparar e acompanhar um orçamento, durante a execução e a avaliação, numa base ocasional, por exemplo no âmbito de auditorias específicas, estudos e ou de aferição.

A periodicidade a considerar para as medições depende da política da empresa e da abordagem da gestão.

A Arquitectura dos indicadores chave ilustra os factores externos e internos que influenciam o desempenho da manutenção, conseqüentemente os três grupos de indicadores. Os factores externos são condições variáveis fora do controle da gestão da empresa.

Os factores internos referem-se ao grupo, empresa, fábrica e instalações que sob o controlo de gestão da empresa, mas fora do controlo da gestão da manutenção.

Ao utilizar os principais indicadores de desempenho de manutenção, é importante considerar estes factores que influenciam como pré-requisitos para evitar avaliações enganosas e comparações devido a não ter condições homogéneas.

Quando se calculam os indicadores, o dominador e o numerador devem ser referidos à mesma actividade/bem para o mesmo período de tempo (ano, semestre, mês, etc.).

Uma grande parte dos indicadores chave pode ser utilizadas em níveis diferentes, dependendo se eles são usados para medir o desempenho de produção do planeamento, uma linha de produção, ou um determinado equipamento ou item, etc.

Os indicadores desta norma são estruturados em níveis que representam a sua estrutura de divisão.

A magnitude e número de níveis podem ser estabelecidos por cada empresa. O "Time" é geralmente usado para descrever unidades de tempos relacionados com o equipamento e seu desempenho. Os termos "horas" ou "homem-hora" descreve as horas empregues nas actividades de manutenção.

Grupo de Indicadores	Nível dos Indicadores		
	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Indicadores Económicos	E1 E2 E3 E4 E5 E6	E7 E8 E9 E10 E11 E12 E13 E14	E15 E16 E17 E18 E19 E20 E21 E22 E23 E24
Indicadores Técnicos	T1 T2 T3 T4 T5	T6 T7	T8 T9 T10 T11 T12 T13 T14 T15 T16 T17 T18 T19 T20 T21
Indicadores Organizacionais	O1 O2 O3 O4 O5 O6 O7 O8	O9 O10	O11 O12 O13 O14 O15 O16 O17 O18 O19 O20 O21 O22 O23 O24 O25 O26

Figura 17 – Níveis de indicadores
(Adaptado da NP EN 15341)

II. Formação dos trabalhadores

Os trabalhadores da manutenção têm de ter formação na área, para poderem ser rápidos nas operações, saberem o que estão a fazer, saberem qual a causa da avaria e terem experiência. Toda a formação tem os custos: (estas equações foram retiradas da norma NP EN 15341)

$$E21 \quad \frac{\text{Custo de formação da manutenção}}{\text{Número de pessoal de manutenção}} = \text{unidade de valor /trabalhador}$$

III. Aplicação dos KPI na manutenção correctiva

Quando uma máquina por algum motivo tem uma avaria inesperada, tem-se de proceder à manutenção correctiva, o que implica um custo de manutenção extra, um desperdício de produção devido aos trabalhadores estarem parados, ao produto não sair atempadamente para o cliente.

Esse desperdício tem um valor, que pode ser calculado através de equações descritas na norma *NP EN 15341*:

$$E15 \quad \frac{\text{Custo de manutenção correctiva}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100$$

A avaria pode ser de fácil resolução ou haver necessidade de chamar técnicos especializados da empresa fabricante da máquina, que tenham de se deslocar à empresa.

$$E10 \quad \frac{\text{Custo total dos contractos}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100$$

A avaria pode ser causada por um bem que se tenha deteriorado (ex. rolamento) não existindo em stock, assim o bem terá de vir do exterior, logo tem custos, como tempo de espera, tempo dos trabalhadores estarem parados:

$$E11 \quad \frac{\text{Total do custo dos materiais de manutenção}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100$$

O facto da máquina estar inoperacional também tem os seus custos:

$$E20 \quad \frac{\text{Custo parada para manutenção}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100$$

Pode-se calcular o tempo da manutenção correctiva através da equação O11 do grupo organizacional:

$$O11 \quad \frac{\text{Tempo despendido em manutenção correctiva ou de urgencia}}{\text{Tempo total de indisponibilidade devido à manutenção}} \times 100$$

IV. Aplicação dos KPI na manutenção preventiva

A manutenção preventiva também tem os seus custos, mas a máquina só pára quando a produção em conjunto com a manutenção fazem o plano de paragem.

$$E16 \quad \frac{\text{Custo de manutenção preventiva}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100$$

$$O18 \quad \frac{\text{Horas de mão – de – obra de manutenção correctiva de urgência}}{\text{Total de horas de mão – de – obra de manutenção}} \times 100$$

Para se proceder à manutenção preventiva tem de se ter todos os componentes em stock, para que a máquina não esteja parada mais do que foi planeada pela Engenharia de Manutenção.

$$E7 \quad \frac{\text{Valor médio do Stock de materiais para manutenção}}{\text{Valor de substituição de ativos}} \times 100$$

V. Paragem para manutenção programada

As máquinas necessitam de ter manutenção para que o seu funcionamento não seja interrompido, para que isso aconteça, as máquinas têm de ter um plano de manutenção. Essa paragem deve acontecer a seguir a se terminar um lote de produção, mas essas paragens têm custos relativos à manutenção. Pode-se ver pela equação descrita na norma 15341.

$$T16 \quad \frac{\text{Tempo total de funcionamento}}{\text{Número de ordens de trabalho}}$$

Existe também o caso de a máquina avariar e ter de ser reparada.

$$T17 \quad \frac{\text{Tempo total de funcionamento}}{\text{Número de ordens de trabalho de manutenção}} = \text{MTBF}$$

$$T20 \quad \frac{\text{Tempo de manutenção planeada e programada que provoca tempo de indisponibilidade da produção}}{\text{Tempo total de indisponibilidade requerido para a manutenção planeada e programada}} \times 100$$

$$T21 \quad \frac{\text{O tempo total das reparação}}{\text{Número total de avarias}} = \text{MTTR}$$

Estes são alguns dos custos que a manutenção tem, quer na manutenção preventiva ou correctiva, na formação dos trabalhadores, no planeamento. Estas equações são as descritas na norma NP EN 15341, no entanto pode-se aplicar outras equações a outros casos da manutenção e produção.

Capítulo 4 – Caso de estudo

Neste capítulo pretende-se por em prática o estudo mencionado nos capítulos anteriores. O estudo será aplicado numa empresa fabricante de mobiliário de escritório. Será avaliada a manutenção actual, quais as alterações necessárias para implementar a filosofia da manutenção Lean e, como dar a melhor formação aos trabalhadores, para que estes tenham consciência do desperdício existente, mas pouco visível.

4.1 Apresentação da empresa

A empresa está no mercado há mais de quarenta anos, e a sua actividade está focalizada na fabricação de mobiliário de escritório e escolar.

A empresa possui instalações próprias com dimensões suficientes para uma produção contínua e sem interrupções. Alguns dos equipamentos que a empresa possui na produção são de tecnologia recente, outros já são considerados obsoletos ou antigos, mas para certos trabalhos servem perfeitamente e na actual conjuntura não justifica um investimento num equipamento novo, até porque estes são pouco utilizados. Existem máquinas CNC, Robots de soldadura e máquinas com pouca tecnologia (ou nenhuma tecnologia, máquinas com mais de dez anos). Os trabalhadores são especializados na produção, com poucos conhecimentos na manutenção e sem conhecimentos da filosofia Lean.

Os modelos que são fabricados na empresa são constituídos em perfis metálicos e chapas de madeira prensada. Os modelos são, cadeiras, mesas, estantes, carros para transporte de livros, bancos de vestuário, etc. Estes modelos são construídos em material metálico de perfil redondo, quadrado ou rectangular, com acabamento em pintura electrostática (de acordo com a cor que o cliente deseja), com assentos e costas em madeira contraplacada ou estufado no caso das cadeiras. As mesas têm o mesmo acabamento ao nível da pintura mas o tampo da mesa é em madeira prensada com a superfície em formica. Os outros modelos têm acabamentos idênticos mas com outras formas.

A empresa é reconhecida nacionalmente pelos seus modelos e pelo bom compromisso para com os clientes. Actualmente já se começa a trabalhar com outros mercados, principalmente o Europeu e Africano.

4.2 Manutenção existente antes da aplicação do Lean

A administração da empresa apercebendo-se da actual situação económica, constatou que para manter a competitividade no mercado, mantendo a mesma qualidade nos produtos com os mesmos preços, teve de tomar medidas para reduzir custos. Uma das medidas tomadas foi a implementação da filosofia Lean, tanto na produção como na manutenção.

Todas as máquinas, instalações eléctricas, canalizações de ar e água, edifícios, necessitam de manutenção para se manterem nas perfeitas condições.

As máquinas têm de produzir produtos em perfeitas condições, sem anomalias ou defeitos, para que isso aconteça têm de se proceder à sua manutenção. A manutenção consiste em, lubrificar, limpar, apontar valores, verificar se existe alguma anomalia que possa criar uma grande avaria, verificar se existem parafusos desapertados (estes desapertos muitas vezes são causados pelas vibrações da máquina).

Quando uma máquina tem uma anomalia ou uma avaria, o trabalhador participa ao chefe da produção, que por sua vez participa ao chefe da secção, que participa o acontecimento à administração para que esta proceda ao contacto com a empresa de manutenção das máquinas. Estas empresas de manutenção depois marcam a deslocação dos técnicos às nossas instalações para procederem à devida reparação da máquina. Quando acontece uma avaria em que tenham de ser contactados os técnicos de outras empresas as máquinas param muitas horas e por vezes dias.

Ou seja, quando uma máquina avaria, esta fica muitas horas parada, devido, ao tempo que se perde entre contactar os chefes, a administração e por fim a empresa de manutenção, que tem de deslocar-se à empresa. O tempo de paragem total é de mil e oitocentos minutos que é equivalente a trinta horas, ou seja quase quatro dias, de uma máquina parada. Este tempo de paragem é muito grave para uma empresa de produção como se pode ver no gráfico da figura 18.

O tempo de paragem da máquina leva ao aumento do número de horas necessárias para a produção, levando assim ao incumprimento do prazo estipulado para a entrega dos produtos ao cliente, deixando os clientes insatisfeitos. Muitos especialistas dizem que um cliente satisfeito traz oito novos clientes. Um cliente insatisfeito afasta vinte e dois clientes. E nos dias de hoje não podemos afastar os clientes por insatisfação.

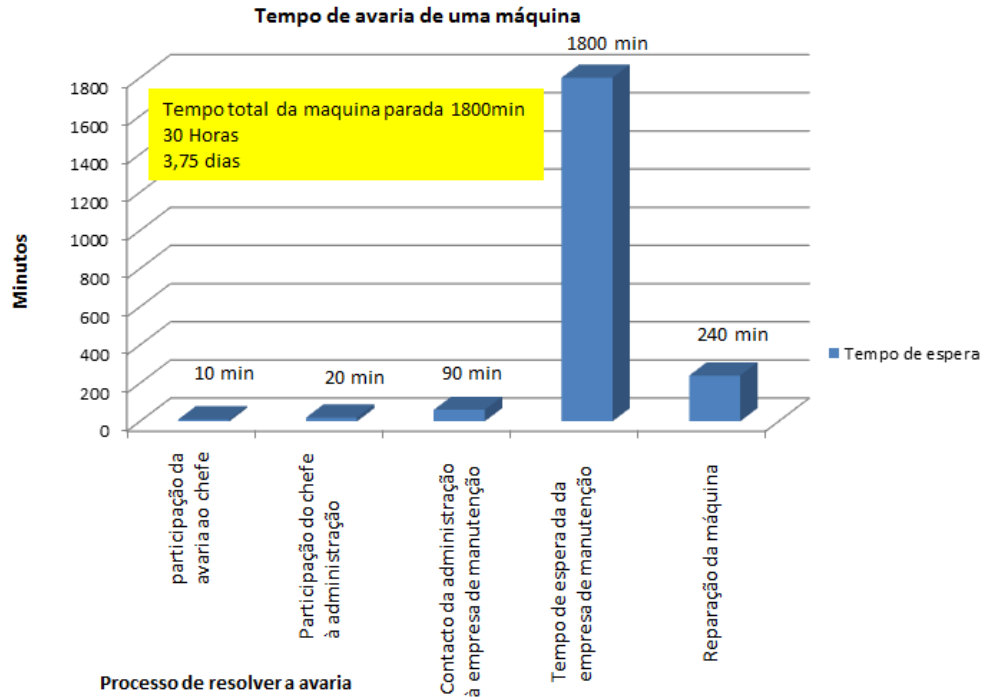


Figura 18 – Gráfico do tempo de paragem por avaria antes do Lean

Por vezes as máquinas têm pequenas avarias, não existindo a necessidade de contactar as empresas de manutenção, porque pode ser um caso de um fusível ou outra operação de fácil resolução. Quando existe um caso deste o chefe da secção resolve o caso, informando a administração para esta estar a par do sucedido.

O chefe da secção de vez em quando manda limpar e lubrificar as máquinas, mas este procedimento não é periódico, acontece somente quando o chefe passa pelas máquinas e nota a necessidade destas serem limpas e ou lubrificadas.

A manutenção efectuada às máquinas é praticamente inexistente, até porque as ferramentas para se proceder à manutenção das máquinas são escassas.

4.3 Aplicação das ferramentas Lean

No método do estudo foi feita a distribuição das ferramentas Lean a aplicar no caso de estudo da presente dissertação que é apresentada na figura 19.

Ferramentas Lean	Diagnóstico	Identificação de desperdício	Criação de valor
VOC	X		
5S		X	
3Mudas		X	
Poka-Yoke		X	
VSM		X	
Kaizen			X
Fluxo contínuo			X
Semed			X
TPM			X

Figura 19 – Ferramentas Lean

Pode-se verificar que as ferramentas da tabela da figura 19 estão vocacionadas para a identificação de desperdício e criação de valor na manutenção.

A implementação das ferramentas Lean está dividida em quatro etapas que são as seguintes:

- I. Diagnóstico
- II. Identificação de desperdício
- III. Criação de valor

I. Diagnóstico

O diagnóstico é a primeira etapa a ser implementada, pois é importante na visão actual do processo da manutenção. Pode-se utilizar várias ferramentas, mas neste estudo só se vai utilizar uma ferramenta que é a VOC.

1. VOC (Voz do cliente)

O (VOC) *Voice Of the Costumer* é uma ferramenta importante no processo de diagnóstico. O cliente é um elemento chave e a razão da existência do serviço, é importante saber identificar quais são as suas necessidades e o grau de satisfação em relação ao serviço prestado. Neste caso o cliente é a produção. A maior preocupação da manutenção é servir bem a produção visto ser o cliente directo.

Foram criados formulários para que os clientes (produção) respondessem para se melhorar alguns serviços prestados pela manutenção.

II. Identificação de desperdício

A Segunda grupo é a identificação de desperdícios, ajuda-nos a ter uma precessão melhor dos desperdícios existentes. Serão utilizadas algumas ferramentas como os 5S, 3Mudas, Poka-Yoke e o VSM.

1. 5S

A ferramenta **5S** ajudou a identificar alguns desperdícios existentes na manutenção, ou seja, esta ferramenta é constituída pelas ferramentas, separar, limpar, ordenar, normalizar, sustentar e a segurança, logo:

Os trabalhadores começaram a identificar desperdícios, tais como, as ferramentas de trabalho estavam todas misturadas umas com as outras em cima da bancada de trabalho. Existia sempre uma perda de tempo quando se precisava de uma ferramenta e esta estava misturada e escondida pelas outras ferramentas, como mostra a figura 20, perdia-se muito tempo para encontrar a ferramenta.



Figura 20 – Bancada desarrumada
Foto tirada pelo autor

Outro desperdício encontrado na ferramenta dos 5S foi o local de trabalho, depois de se proceder à manutenção ficava desarrumado e com os plásticos dos componentes deixados ao acaso. O local ficava praticamente todo sujo com um aspecto pouco acolhedor. Verificou-se também que quando os trabalhadores da manutenção utilizavam máquinas para proceder a algum trabalho com a manutenção e deixavam-nas sujas como mostra a figura 21.



Figura 21 – Máquina de corte no fim do trabalho
Foto tirada pelo autor

Na ferramenta ordenar verificou-se que as ferramentas de trabalho não estavam agrupadas por modelos nem por tamanhos. Os próprios componentes das máquinas para serem substituídos estavam em prateleiras uns em cima dos outros ou tapados pelos componentes que se colocavam à frente.

Na ferramenta do normalizar verificou-se que os trabalhadores nunca cumpriam os procedimentos anteriores. Os trabalhadores deixavam as ferramentas abandonadas em cima das bancadas sem serem arrumadas, nunca deixavam o local de trabalho limpo e falavam pouco uns com os outros sobre os assuntos de trabalho.

Os trabalhadores não ligavam muito à segurança pessoal, trabalhavam com máquinas de discos abrasivos sem usar os óculos protectores, nunca colocavam o equipamento de segurança e não tinham cuidado com as instalações nem com o meio ambiente.

2. 3 Mudanças (Muda, Mura e Muri)

Muda é uma ferramenta que consome muitos recursos e não acrescenta valor ao produto final, assim os trabalhadores identificaram alguns desperdícios como deslocamentos por esquecimento de peças ou ferramentas no armazém. Reparou-se também que por vezes lubrificava-se as máquinas mais do que era necessário, causando uma perda de tempo.

Reparou-se que nalgumas operações de manutenção alguns trabalhadores estavam sobrecarregados enquanto outros não tinham tanto trabalho e as operações de manutenção demoravam mais do que o previsto.

3. Poka-Yoke

Os trabalhadores identificaram certos erros que cometiam, principalmente quando se tratava da montagem das peças nas máquinas, repararam que por vezes montavam as peças ao contrário, o que causava um transtorno ter que voltar a desmontar e montar correctamente. Um exemplo deste caso era na montagem das polis com correias de distribuição.

4. VSM mapa de cadeia de valor

Verificou-se que não existia um mapa de manutenção, de como e quando se proceder à manutenção. Não se tinha uma ordem de trabalho detalhada de como os trabalhadores deveriam proceder à manutenção das máquinas.

III. Criação de valor

A última etapa é a criação de valor onde se aplica as ferramentas Lean para melhorar o método de trabalho. Foram analisadas várias ferramentas Lean que podiam reduzir ou mesmo eliminar alguns desperdícios. As ferramentas de criação como o Kaizen, Fluxo contínuo e o Smed podem melhorar bastante a manutenção.

1. Kaizen

Os trabalhadores começaram a aperfeiçoar e melhorar o seu método de trabalho. Iniciaram por arrumar as bancadas de trabalho, tiraram todas as ferramentas de cima das bancadas e arrumaram-nas em carros para ferramentas conforme a figura 23 e painéis colocados nas paredes do armazém como mostra a figura 22.



Figura 22 – Painéis para ferramenta
Foto tirada pelo autor

Estes carros de transporte de ferramentas são uma ajuda para os trabalhadores, pois a ferramenta está sempre guardada e arrumada, podendo ser levada sem esforço para o local da manutenção. Não existe a preocupação de existir esquecimentos.



Figura 23 – Carro de ferramentas
Foto tirada pelo autor

Os trabalhadores alteraram a maneira de trabalhar, ou seja, quando vão executar uma manutenção de uma máquina têm a preocupação de deixar o local de trabalho limpo e arrumado, assim como os papéis e caixas dos acessórios colocados no lixo.



Figura 24 – Armário de ferramentas
Foto tirada pelo autor

Uma das preocupações de todos os trabalhadores foi começar a deixar as ferramentas, peças e máquinas de pequeno porte arrumadas em armários próprios e identificados, como está exemplificado na figura 24 (a figura só não tem a identificação nas prateleiras).

Melhorou-se a segurança pessoal, todos os trabalhadores, começaram a ter consciência do perigo que era trabalharem sem os equipamentos de protecção. Começaram a ter o cuidado de utilizarem o equipamento de segurança, para se evitar acidentes, quando procediam à manutenção das máquinas.

Os trabalhadores aproveitaram a ideia da ferramenta do Poka-Yoke e fizeram gabaris para evitar que se monte peças ao contrário, assim evita-se perdas de tempo em ter que desmontar e voltar a montar.

As chefias melhoraram o modo de planear os trabalhos, aproveitando o conceito do VSM, iniciou-se à elaboração de mapas para a manutenção das máquinas. Todas as máquinas têm um

plano de manutenção. Foi feito um cadastro para cada máquina das manutenções executadas (desde a implementação do Lean).

2. Fluxo contínuo

Embora esta ferramenta seja mais virada para a produção de certa forma também é importante para a manutenção. Uma das maiores dificuldades encontradas pelos trabalhadores é o mau acesso aos órgãos das máquinas, dificultadas pelo mau layout. Existem máquinas que estão muito encostadas às paredes impedindo quase o acesso para se proceder à manutenção. Todos os trabalhadores e chefes dialogaram para se planejar um layout que seja bom para a produção e bom para se proceder à manutenção das máquinas. Também existe o problema de se colocar produtos à frente das máquinas como se mostra na figura 25.



Figura 25 – Compressor de parafuso obstruído com produtos de stock
Fotografia tirada pelo autor

Os trabalhadores chegaram à conclusão que se perdia muito tempo a tirar todos os produtos de frente das máquinas. Os trabalhadores chegaram à conclusão que o melhor procedimento de trabalhar era deixar os caminhos de acessos às máquinas livres como se mostra na figura 26.



Figura 26 – Compressor de parafuso com o espaço à sua frente desimpedido
Fotografia tirada pelo autor

3. Troca rápida de ferramentas

Os trabalhadores da manutenção começaram a utilizar a ferramenta do SMED na troca de componentes. Embora esta ferramenta seja aplicada para a troca rápida de moldes em menos de dez minutos na produção. Utilizou-se esta ferramenta na manutenção para a substituição de alguns componentes. Não quer dizer que esta troca se faça em menos de dez minutos, mas troca-se o componente o mais rápido possível do seguinte modo:

A manutenção das máquinas é planeada com antecedência pelo Engenheiro responsável, o plano é encaminhado para os trabalhadores da manutenção que planeiam tudo, ou seja, preparam a ferramenta necessária, os componentes que vão ser substituídos. Quando chega a altura de se proceder à manutenção, o carro com as ferramentas e as peças já está colocado ao pé da máquina, assim que acaba a produção de um determinado produto inicia-se à manutenção. Com este procedimento poupa-se muito tempo.

4. TPM

Uma das ferramentas que podem melhorar a manutenção e um bom desempenho das máquinas é o TPM.

Embora o TPM tenha algumas semelhanças com as ferramentas do Len como os 5S. Com a implementação do TPM os trabalhadores da produção começaram a praticar pequenas tarefas, como por exemplo limpar e lubrificar a máquina durante e depois da produção, tirar anotações de pequenas anomalias para serem transmitidas à equipa de manutenção, começaram a afinar as

máquinas sem ser preciso estar algum técnico da manutenção. Com estas operações os trabalhadores da manutenção ficaram mais libertos para exercerem outras tarefas na manutenção.

Os trabalhadores começaram a mudar de atitude em relação ao local de trabalho, trocavam de opiniões com os colegas para que todos tivessem informações sobre todas as máquinas e procedimentos de trabalho idênticos.

4.4 Manutenção depois da aplicação do Lean

Com a implementação do Lean melhorou-se os conhecimentos e as aptidões dos trabalhadores, e conseguiu-se mudar algumas mentalidades que estavam reticentes à mudança.

Os custos com as avarias foram reduzidos e as máquinas agora estão mais tempo a funcionar, não têm tantas avarias como acontecia anteriormente, ou seja as máquinas produzem mais, como se pode-se ver no gráfico da figura 27.

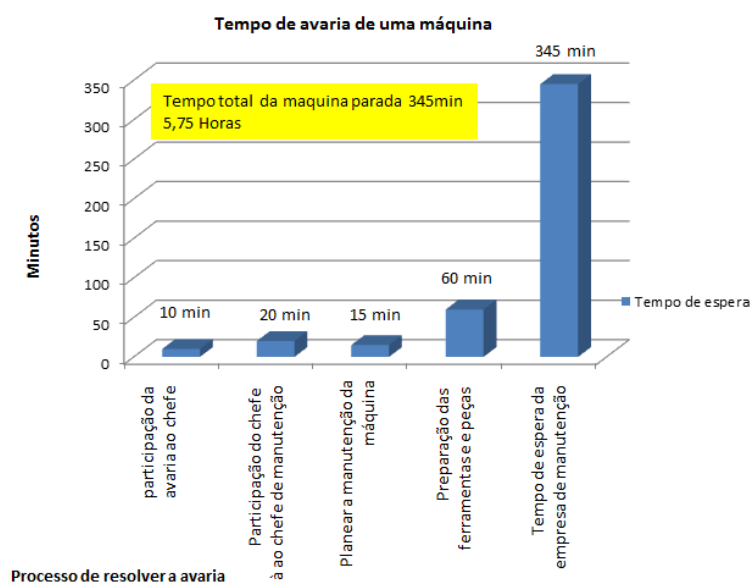


Figura 27 – Gráfico do tempo de paragem por avaria depois do Lean

Comparando antes do Lean e depois da implementação do Lean.

Pode-se ver que o tempo de paragem da máquina antes do Lean era de quase quatro dias, depois de se implementar a filosofia Lean a máquina pára somente seis horas, ou seja, não chega a um dia de paragem.

A implementação do Lean ajudou a reduzir custos no tempo. As máquinas estão menos tempo paradas podendo produzir mais. Reduziu-se custos no sentido de não ser necessário contratar tantas vezes as empresas de manutenção para as pequenas avarias, logo menos custos para a empresa, e somente quando existe uma avaria que os nossos técnicos não consigam resolver o problema é que se contacta as empresas de manutenção. A comparação pode ser vista no gráfico da figura 28.

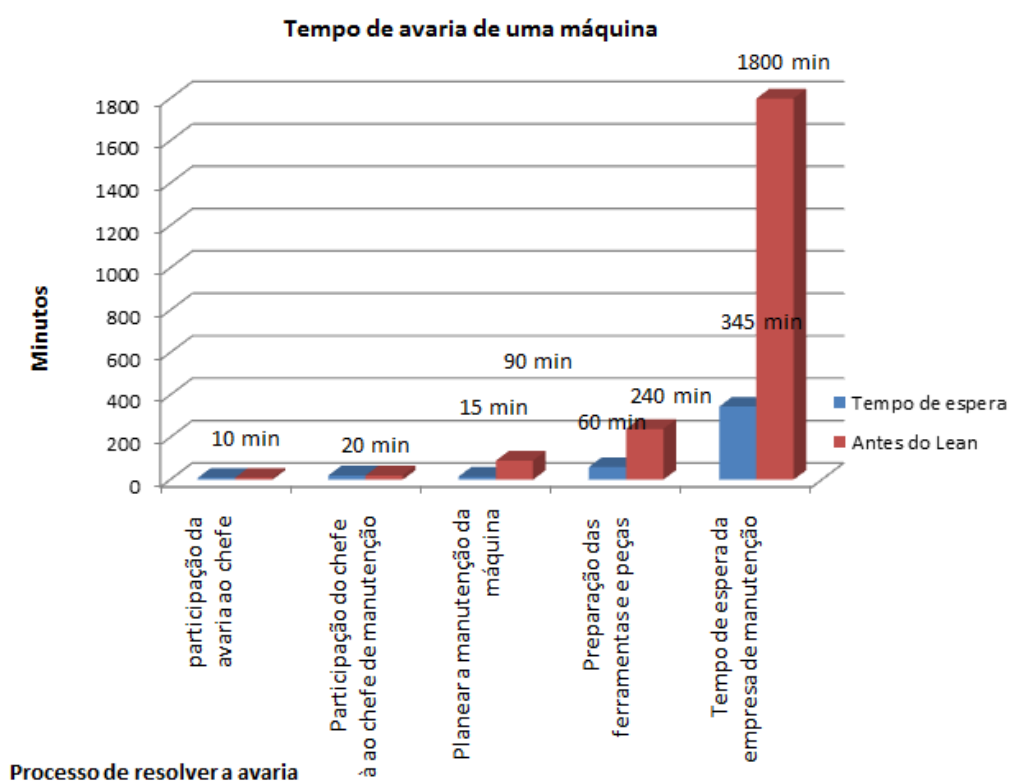


Figura 28 – Gráfico de comparação do tempo de paragem por avaria depois do Lean

4.5 Segurança

A segurança é um sector muito importante, para prevenir acidentes tanto para os trabalhadores como para as instalações e meio ambiente. A segurança muitas vezes é descurada por parte das administrações das empresas, principalmente em tempos de crise. Quando existe uma crise a segurança é a primeira a ser cortada do orçamento das empresas, por se pensar que não faz falta.

Os administradores de topo das empresas esquecem-se que quando um trabalhador tem um acidente, por falta de equipamentos de segurança, pode estar muito tempo ausente do seu posto de trabalho e para substituir esse trabalhador perde-se muito tempo a dar formação a outro trabalhador para executar a mesma tarefa.

4.6 Segurança tanto para os trabalhadores como para as instalações

Embora todos os trabalhadores tenham o equipamento de segurança pessoal, a maior parte das vezes não são utilizados, por preguiça, por pensarem que tem muita experiência na tarefa que estão a executar, por a tarefa demorar pouco tempo a ser executada, por incomodar, por ser pesado, por fazer muito calor, por fazer alergias, etc.

Os chefes das secções começaram a incentivar os trabalhadores a utilizarem o material de protecção.

No caso da manutenção o chefe como acompanha sempre a sua equipa incentiva-os a colocar os coletes reflectores, os auriculares de protecção de som, os óculos de protecção, os capacetes e a calçarem as luvas assim que saem do armazém (as botas biqueira de aço são calçadas assim que mudam de roupa). Deste modo os trabalhadores estão minimamente protegidos contra acidentes.

Quando os trabalhadores chegam ao local onde tem de proceder à manutenção a primeira tarefa é desligar a máquina no interruptor de corte geral de corrente eléctrica e colocar o respectivo cadeado, de modo a que ninguém possa ligar a corrente eléctrica da máquina enquanto se está a proceder à manutenção. São colocados uns sinalizadores no corredor junto à máquina, para que os outros trabalhadores se apercebam que a máquina está em manutenção.

Cada vez que é necessário utilizar máquinas com discos abrasivos, o trabalhador que vai proceder a essa operação é sempre aconselhado a não tirar o equipamento de protecção (por vezes quando se trabalha com equipamentos que provocam o aumento da temperatura os trabalhadores têm por tendência tirar o equipamento de protecção).

Procedeu-se à sinalização dos pilares com as cores, preto e amarelo para os trabalhadores que manuseiam os carros de transporte e empilhadores possam ver os pilares para não colidam com estes.

Também se procedeu à sinalização do chão, marcando bem os corredores de passagem para os carros de transporte e trabalhadores. Foi colocado nas paredes mapas sinalizadores de localização, para os trabalhadores e outras pessoas de fora da empresa, possam saber onde estão para onde desejam ir e em caso de incêndios saber onde está a porta de saída. Foram colocados pela empresa sinais de obrigação com os equipamentos que os trabalhadores têm de usar enquanto estão a trabalhar com certo tipo de equipamentos. Também foram colocados sinais de perigo ao pé de matérias-primas perigosas e inflamáveis.

Está a ser estudado uma regra para as pessoas que visitam a empresa. Essa regra consiste no seguinte, na obrigação das visitas só poderem entrar nas instalações com óculos de protecção, auriculares para protecção contra o som e colete reflector, obviamente este material tem de ser emprestado pela empresa (os auriculares são descartáveis). Isto porque todos os trabalhadores têm o uniforme com o logotipo da empresa e quando estão a trabalhar conseguem aperceber-se onde estão os colegas. Um visitante não conhece as instalações nem os procedimentos dos trabalhadores, não sabe como estão a trabalhar e não têm noção dos perigos existentes. Se essa pessoa estiver identificada com um colete reflector chama logo a atenção dos trabalhadores da empresa que passam a trabalhar com mais cuidado.

A empresa apostou na segurança promovendo algumas formações em primeiros socorros para os trabalhadores, visto que os trabalhadores não sabiam como proceder em caso de existir algum acidente com um colega ou outra pessoa qualquer.

Outra das apostas da empresa foi na prevenção contra incêndios, isto porque os trabalhadores não sabem como proceder perante um incêndio e muitas vezes comete-se erros bastante graves. Embora os equipamentos de combate a incêndios (extintores) estejam todos em condições procedeu-se à aquisição de mais alguns extintores e colocou-se em locais de fácil acesso e bem visíveis. Adquiriu-se mangueiras de pressão com as respectivas caixas vermelhas para combate a incêndios e colocaram-se no centro da oficina de maneira a que as mangueiras possam chegar a toda a oficina por prevenção. Foram adquiridas válvulas de mercúrio e montadas nos locais onde existe material inflamável, para proteger as instalações e matérias-primas inflamáveis em caso de incêndio.

4.7 Custos

Os custos com a manutenção só se podem demonstrar em horas de trabalho, devido a isso não se apurou o custo monetariamente. Descreve-se a seguir várias formas de cálculo através dos indicadores de desempenho (KPI's).

4.8 Comparação de custos antes e depois do Lean

Antes de se implementar a filosofia Lean na manutenção os custos inerentes eram traduzidos em atrasos na produção em dias e por sua vez em atrasos nas entregas desses produtos aos clientes.

Uma máquina avariava, poderia estar parada dois dias ou mais, isso causava um enorme atraso na produção, porque todos os produtos que estavam agendados para se produzir, ficavam atrasados. Em vez de ser um produto atrasado ficavam dois ou três. Isso implicava por vezes ter que se recorrer a horas extraordinárias dos trabalhadores para se cumprir os prazos de entregas dos produtos aos clientes.

Na empresa existia um problema grande, a falta de uma equipa de manutenção ou uma pessoa que soubesse minimamente de manutenção. O que acontecia é que cada vez que uma máquina avariava tinha-se de chamar técnicos especializados de outras empresas vocacionados para a manutenção. Além do custo de paragem existia o custo de ter de se pagar aos técnicos.

Depois de se implementar a filosofia Lean na manutenção, dos novos técnicos terem recebido formação em várias áreas como a manutenção e produção. Deixaram de acontecer avarias graves (com duração de três dias ou mais). As avarias por falta de lubrificação e limpeza deixaram de existir, assim as máquinas não estão paradas por avarias simples e a produção não têm tantas interrupções como existiam antes da implementação do Lean. As avarias inesperadas continuam a existir mas com menos frequência. Existem avarias que são inesperadas, caso duma electroválvula que avarie, uma fonte de alimentação que se queime, etc. Neste momento o tempo de paragem é muito inferior a comparar com o tempo de paragem antes da implementação do Lean.

Quando uma máquina se avaria, a equipa de manutenção organiza todos os esforços e conhecimentos para que a máquina não esteja parada muito tempo. Ainda acontece que por vezes têm de se chamar os técnicos das máquinas, quando são avarias mais complicadas e só os técnicos é que possuem o conhecimento da avaria e das peças que têm de ser substituídas.

Comparando o tempo de paragem antes e depois do Lean, podemos dizer que antes do Lean, se uma máquina tivesse uma avaria fosse ela qual fosse podia estar parada no mínimo três dias ou mais, era o tempo da deslocação dos técnicos às nossas instalações. Depois da implementação do Lean as avarias que acontecem são resolvidas no mesmo dia, só quando a avaria é mais complicada e a equipa de manutenção não consegue seleccionar o problema é que são chamados os técnicos da empresa fornecedora da máquina. Quando acontecem estas avarias a equipa de manutenção consegue logo diagnosticar se a avaria pode ser reparada pela equipa ou têm de chamar os técnicos que forneceram a máquina. No entanto a equipa de manutenção enquanto espera pelos técnicos começa logo a preparar a máquina, limpam-na, removem as protecções para se ter acesso aos componentes, assim os técnicos da máquina não perdem tempo com essas remoções.

Capítulo 5 – Conclusões

Tanto a manutenção como a filosofia Lean começaram a ter destaque principalmente pouco tempo antes da Segunda Guerra Mundial.

A implementação do Lean numa empresa só é bem-sucedida se as ferramentas forem bem aplicadas. E os trabalhadores têm de ajudar nessa mudança, têm de ter uma mentalidade para a mudança, virada para o futuro, aceitar novos desafios e melhorar a comunicação com os colegas.

No estudo do caso a implementação do Lean foi bem recebida pela administração, os trabalhadores não receberam bem o Lean, até desconfiaram que se pudesse ter sucesso, e ou que fosse melhorar alguma coisa.

Depois da implementação do Lean os trabalhadores perceberem que realmente é uma boa filosofia e que as ferramentas dão uma grande ajuda tanto para a empresa como para a sua formação profissional.

Foi dada uma formação a todos os trabalhadores na segurança de trabalho como na prevenção contra incêndios.

A implementação do Lean acabou por ter um impacto positivo, ou seja, reduziu-se custos na manutenção, o tempo de trabalho começou a ser melhor gerido, deixou de haver tempos de espera sem produzir. As próprias máquinas estão à disposição da produção mais tempo, existem poucas paragens.

Trabalhos Futuros

A presente dissertação serviu para mostrar que a filosofia Lean é uma das maneiras de se reduzir desperdícios na manutenção, existem muitas ferramentas que se podem aplicar noutras áreas como por exemplo nos serviços administrativos. Será interessante aplicar a filosofia Lean nos serviços administrativos para que se possa reduzir mais custos na empresa.

Bibliografia

Advanced - Advanced Consulting & Training - <http://www.advanced-eng.com.br/sobretpm.htm>
Acedido em Dezembro 2011.

Bicheno, J. (2008), *The Lean Toolbox for Service Systems*, England, Lean Enterprise Research Center, Cardiff Business School, PICSIE Books.

Black, J.T. (1998), *O projecto de fábrica com futuro*. Trad.: Gustavo Kannenberg. Bookman.

Chiavenato, I (2003), *Introdução à teoria geral da administração*. Campus.

Corrêa, H. L.; Giansi, I. G. N (1993), *Just in Time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico*. Atlas.

Faria, J. G. de Aguiar (1994), *Administração da manutenção*. Edgard Blücher.

Faria A.C. (2007), *Gestão de custos logísticos*. Atlas.

Hayes, R. H.; Schemmer, R. W (1986), *Como organizar a produção*. Coleção Harvard de Administração.

Imai, M. (1986) - *Kaizen: the key to japan's competitive success*. McGraw-Hill.

Jipm. Japan Institute of Plant Maintenance Solutions Company Limited. JIPM-S. Disponível em: <<http://www.tpm.jipms.jp>. Acedido em Novembro de 2011.

Kardec, A; Nascif, J (1998), *Manutenção: função estratégica*. Qualitymark.

Kardec, A; Nascif, J (2003), *Manutenção: função estratégica*. Qualitymark.

Katz, D. e Kahn, R. (1978), *Psicologia social das organizações*. Atlas.

Kiyoshi S (2010), *Gestão de operações Lean. Metodologia Kaizen para a melhoria continua*. Leanop unipessoal. Prefácio de Nuno Silva.

Leite, J. (2008), Melhoria da Qualidade do Processo de Modificação. Dissertação de Mestrado, Academia da Força Aérea – Instituto Superior Técnico.

Léxico Lean (2003), Glossário ilustrado para praticantes do pensamento Lean. São Paulo: Lean Institute Brasil.

Liker, J. (2004), The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. McGraw-Hill.

Marçal, R. F (2004), Gestão da Manutenção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção (PPGEP). Disponível em: <<http://www.ppgep.pg.cefetpr.br>> . Acedido em Março de 2012.

Marco Tschan Carvalho (2010), Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Mather, D (2007), Lean vs Lean Maintenance. Plant Service.

Moura, R., Banzato, J.M (1994), Jeito inteligente de trabalho: Just-in-Time a reengenharia dos processos de fabricação. IMAM.

Moura, R. A. (2003), Actualidades na logística.

Nakajima, S (1989), La Maintenance Productive Totale (TPM). Traduzido por Yoko Sim, Christine Condominas e Alain Gómez. Afnor.

Nakajima, S (1993), Introduction to TPM, Productive Press. Cambridge:MA

Nakasato, K, (1994), Segundo Curso de Formação de Instrutores de TPM. XV Evento Internacional de TPM. I.M.C Internacional Sistemas Educativos.

Neves M.A. (2009), Tudo sobre indicadores de desempenho na logística. Revista Mundo Logística.

Neto P.L.O.C. (2009), Indicadores de desempenho para gestão pela qualidade total: uma proposta de sistematização. UFSCAR – Universidade Federal de São Carlos. Disponível em www.dep.usfscar.br/admin/upload/ARTIGO_114835976.pdf. Acedido em Janeiro de 2012.

Ohno, T. (1990). L´esprit Toyota. Masson.

Ohno, Taiichi (1997), O sistema toyota de produção: além da produção em larga escala. Artes Médicas.

Paiva, E. L. (2004), Estratégia de produção e de operações: conceitos, melhores práticas, visão de futuro. Bookman.

Pinto, J. (2009), Pensamento Lean – A filosofia das organizações vencedoras. Lidel.

Pomorsky Tom (1997), Managing Overall Equipment Effectiveness (OEE) to Optimize Factory Performance.

Ribeiro S. (2011), Tese de Mestrado, Leanness na Manutenção Aeronáutica. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

Ribeiro H. (2007), Total Productive Maintenance – Manutenção Produtiva Total. Banas Report.

Robinson, C. J.; Ginder (1995), A. P. Implementing TPM: North American experience. Portland. Productivity Press.

Ross Jr., J. (2008), Lean doesn´t always mean less. Plant Engineering.

Rossi, D. (2009), Controle de custos logísticos através de indicadores. Revista Mundo Logística.

Semi, E. (1996), Semiconductor Manufacturing Productivity, Disponível em: <www.semtech.org>; Acedido em Janeiro de 2012.

Shingo, S. (1996), Sistema de produção com stock zero: o sistema Shingo para melhorias contínuas. Trad. Lia Weber Mendes. Artes Médicas.

Shingo, S (2000), Sistema de troca rápida de ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos. Bookman.

Shirose, K (1992), TPM for Workshop Leaders, Productivity Press. Portland.

Shirose, K (2000), TPM: new implementation program in fabrication and assembly industries. JIPM.

Smith, Ricky; Hawkins, Bruce (2004), Lean maintenance: reduce costs, improve quality, and increase market share; Life cycle engineering.

Sobral, (2011), Apontamentos da unidade curricular “Manutenção Produtiva Total e Gestão Lean”, ISEL.

Suehiro, K. (1992), Eliminating Minor Stoppages on Automated lines, Portland: Productivity Press.

Suzuki, T, (1992), New Directions for TPM. Traduzido por John Lótus. Cambridge. Productivity Press.

Tavares L (1999), Administração moderna da manutenção. Novo Pólo.

Tubino, D. F. (1999), Sistemas de produção: a produtividade no chão da fábrica. Bookman.

Vieira, P.R. (2009). Peculiaridades do processo decisório.

Willmott, P. Mccarth, D (2001), TPM - A Route to World Class Performance. Butterworth-Heinemann.

Wireman, T. (2009). Lean Maintenance offers savings, eliminates non-value activities. Plant Engineering. <http://www.plantengineering.com/search/search-single-display/lean-maintenance-fferssavings-eliminates-non-value-activities/a88ad32d2d.html>. Acedido em Dezembro de 2011.

Womack, J. e Jones, D. (2003), Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. Free Press.

Xenos, H. G. (1998), Gerenciando a Manutenção Preventiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Desenvolvimento Gerencial.

Zanluca J.C. (2009), A contabilidade e o controle de custos. Portal de contabilidade. Disponível em: www.portaldecontabilidade.com.br/noticias/control_e_custos.htm. Acedido em Março de 2012.