



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Faculdade de Engenharia

**Otimização de linhas de montagem centrada na  
eficiência produtiva dos equipamentos.  
Estudo de caso na TE Connectivity**

**Duarte Miguel do Alpendre Batista Marques**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia e Gestão Industrial**

(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Fernando Manuel Bigares Charrua Santos

Covilhã, outubro de 2016



*À memória da minha avó Maria  
José.*



# Agradecimentos

À minha mãe Rita e avó Maria José, pelo enorme apoio e por estarem sempre presentes quando era necessário.

Agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Fernando Manuel Bigares Charrua Santos, pela orientação, dedicação, disponibilidade e apoio com que direcionou e acompanhou esta dissertação.

Ao Professor Doutor Carlos Manuel Pereira Cabrita, pela enorme disponibilidade e pela motivação que sempre demonstrou ao longo do meu percurso académico.

Ao Professor Doutor João Carlos de Oliveira Matitas, pelo apoio, pela dedicação e pela enorme disponibilidade que sempre demonstrou ao longo do meu percurso no mestrado.

Agradeço também à empresa TE Connectivity e aos seus colaboradores, em especial aos setores TEOA e SRF (linha 2), nomeadamente à Ana Mata, ao Eng<sup>o</sup> João Córias (TEOA), Eng<sup>o</sup> Bruno Abreu (TEOA), Eng<sup>o</sup> Eduardo Caeiro (TEOA), Eng<sup>o</sup> André Lopes (Manufacturing Engineering), Eng<sup>o</sup> Manuel Costa (SRF), Florinda Amaro (TEOA), Joaquim Abel Boleiro (TEOA), Joaquim Vitória (SRF) pelo apoio e companheirismo demonstrado ao longo da minha estadia na empresa e pela ajuda na elaboração desta dissertação.

Agradeço a todos os meus amigos, em especial àqueles que fiz nos últimos 6 anos de Universidade, pelo enorme apoio sempre demonstrado, pela amizade e pela força.

A todos, que de uma forma ou outra, contribuíram para o culminar deste trabalho académico.

Muito Obrigado!



## Resumo

Os sistemas automatizados estão cada vez mais implementados nos processos industriais, e são, cada vez, mais complexos. Devido a essa complexidade a manutenção tem uma função crucial, pois há a necessidade de garantir menos paragens provocadas por avarias.

O propósito desta investigação é estudar alguns equipamentos por forma a obter ganhos de produtividade numa linha de produção da TE Connectivity, através da aplicação de metodologias *Lean* e do *Total Productive Maintenance (TPM)*, com o objetivo de aumentar a produtividade, de forma imediata, eficaz e com o mínimo de desperdícios, para o sucesso da empresa.

A questão geral que vai orientar a dissertação é: a aplicação das metodologias *Lean* aliadas ao *TPM* melhoram, significativamente, a produtividade de uma determinada linha de produção fabril? Já a questão específica é: consegue-se reduzir tempos de paragem e eliminar perdas, garantindo a qualidade, com a aplicação das metodologias *Lean* e do *TPM*?

## Palavras-chave

Total Productive Maintenance, Lean Manufacturing, Estudo de caso, Otimização, Linhas de produção



# Abstract

Automated systems are increasingly deployed in industrial processes, and are becoming more complex. Because of this complexity maintenance has a crucial role, because there is the need to ensure fewer stops caused by breakdowns.

The purpose of this research is to study some equipment in order to achieve productivity gains in production line of TE Connectivity, by applying Lean methodologies and Total Productive Maintenance (TPM), in order to increase productivity, immediately, effectively and with minimal waste, for business success.

The general question that will guide the work is: the application of Lean methodologies combined with the TPM improve significantly the productivity of a given line of factory production? Already the specific question is: can to reduce downtime and eliminate waste, ensuring quality implementation of Lean methodologies and TPM?

# Keywords

Total Productive Maintenance, Lean Manufacturing, Case study, Optimization, Production lines



# Índice Geral

Agradecimentos .....	v
Resumo .....	vii
Palavras-chave .....	vii
Abstract.....	ix
Keywords .....	ix
Índice Geral.....	xi
Lista de Figuras.....	xiii
Lista de Tabelas.....	xv
Lista de Acrónimos.....	xvii
Capítulo 1. Introdução .....	19
1.1. Enquadramento Geral.....	19
1.2. Objetivos .....	19
1.3. Estrutura .....	20
1.4. Metodologia.....	20
Capítulo 2. A Empresa .....	21
2.1. Apresentação da Empresa .....	21
2.1.1. História.....	21
2.1.2. Produtos.....	24
2.1.3. Descrição do Processo Produtivo.....	26
2.1.4. Organograma Geral.....	30
2.2. Apresentação do Problema.....	30
Capítulo 3. Lean Manufacturing .....	33
3.1. Introdução ao Lean .....	33
3.2. Desperdícios .....	34
3.3. Pilares .....	36
3.4. Ferramentas .....	37
3.4.1. Kaizen .....	37
3.4.2. Just-In-Time.....	39
3.4.3. 5S.....	39
3.4.4. Kanban .....	40
3.4.5. VSM – Value Stream Mapping .....	41
3.4.6. 5 Porquês .....	42
Capítulo 4. Total Productive Maintenance (TPM) .....	45
4.1. Origem do TPM .....	45

4.2. Objetivos .....	45
4.3. Os Oito Pilares .....	48
4.4. Indicadores utilizados no TPM .....	51
4.5. Reliability Centred Maintenance (RCM) .....	55
4.6. Tipos de Manutenção .....	58
4.7. Lean Maintenance .....	59
Capítulo 6. Estudo de Caso .....	61
6.1. Implementação dos QCPC's gerais nos módulos .....	63
6.2. Implementação dos QCPC's nas duas estações mais problemáticas .....	64
6.3. Análise dos Resultados .....	65
Capítulo 7. Conclusão .....	79
Bibliografia .....	81
Anexos .....	83

# Lista de Figuras

Fig. 2.1.1.1 - Gráficos representativos do número de empregados e da produção na década de 70.....	21
Fig. 2.1.1.2 - Gráficos representativos do número de empregados e da produção na década de 80.....	22
Fig. 2.1.1.3 - Gráficos representativos do número de empregados e da produção na década de 90.....	22
Fig. 2.1.1.4 - Gráficos representativos do número de empregados e da produção na primeira década do século XXI.....	23
Fig. 2.1.1.5 - Vista aérea sobre a TE Connectivity, Évora.....	24
Fig. 2.1.2.1 - Relés Plug-in .....	24
Fig. 2.1.2.2 - Relés Mini/Maxi .....	24
Fig. 2.1.2.3 - Relés de alta corrente .....	25
Fig. 2.1.2.4 - Relés PC - board.....	25
Fig. 2.1.2.5 - Relés de Potência.....	25
Fig. 2.1.2.6 - Relés Single.....	25
Fig. 2.1.2.7 - Soluções Personalizadas.....	25
Fig. 2.1.2.8 - “Roda dos produtos” da empresa.....	26
Fig. 2.1.3.1 - Esquema representativo do processo produtivo .....	29
Fig. 2.1.4 - Organograma geral da empresa em 2016.....	30
Fig. 2.2.1 - Vista geral da máquina M6.....	31
Fig. 2.2.2 - Vista geral da máquina M8.....	31
Fig. 3.2.1 - Sete tipos de desperdícios das organizações. ....	35
Fig. 3.3.1 - “Casa” do Lean Manufacturing.....	36
Fig. 3.4.1 - “Guarda-Chuva” Kaizen. ....	37
Fig. 3.4.4 - Sistema Kanban em vigor na fábrica.....	41
Fig. 3.4.5 - Fluxograma de utilização dos 5 Porquês.....	43
Fig. 4.1 - Análise ABC .....	47
Fig. 4.3.1 - Oito pilares do TPM .....	48
Fig. 4.4.1 - Evolução da taxa de falhas em função do tempo - “curva da banheira”.....	54
Fig. 4.5.1 - Diagrama de decisão da RCM.....	57
Fig. 4.6.1 - Políticas de Manutenção.....	58
Fig. 6.1 - Estação de transferência do sistema magnético.....	61

Fig. 6.2 - Estação de separar mola da banda .....	62
Fig. 6.3 - Estação de cravar âncora.....	62
Fig. 6.4 - Estação de prensar litze.....	62
Fig. 6.1.1 - QCPC utilizado no módulo 8 da linha 2 do relé SRF .....	63
Fig. 6.2.1 - QCPC específico utilizado para a estação de separar a mola da banda do módulo 6 do relé SRF .....	64
Fig. 6.3.1 - Gráfico representativo dos totais das paragens, em percentagem, que ocorreram na máquina 6 .....	66
Fig. 6.3.2 - Gráfico representativo dos totais das paragens, em percentagem, que ocorreram na máquina 8 .....	66
Fig. 6.3.3 - Gráfico representativo das paragens da estação de transferência do sistema magnético do módulo 6.....	67
Fig. 6.3.4 - Gráfico representativo das paragens da estação de separar a mola da banda do módulo 6.....	68
Fig. 6.3.5 - Gráfico representativo das paragens da estação de cravar âncora do módulo 8.....	68
Fig. 6.3.6 - Gráfico representativo das paragens da estação de prensar litze do módulo 8.....	69
Fig. 6.3.7 - OEE dos módulos da linha 2 do SRF.....	69
Fig. 6.3.8 - Downtime do módulo 6.....	70
Fig. 6.3.9 - Downtime do módulo 8.....	71
Fig. 6.3.10 - Método de cálculo do OEE utilizado pela TE Connectivity .....	71
Fig. 6.3.11 - Diagrama representativo das perdas de OEE no M6.....	73
Fig. 6.3.12 - Diagrama representativo das perdas de OEE no M8.....	72
Fig. 6.3.13 - Registo do MTTR, por semana, na M6.....	74
Fig. 6.3.14 - Registo do MTBF, por semana, na M6.....	75
Fig. 6.3.15 - Registo do MTTR, por semana, na M8.....	75
Fig. 6.3.16 - Registo do MTBF, por semana, na M8.....	75

## Lista de Tabelas

Tabela 6.1.1 - Quantidades de paragens registadas na M6 no período de implementação dos QCPC's .....	65
Tabela 6.1.2 - Quantidades de paragens registadas NA M8 no período de implementação dos QCPC's .....	65



# Lista de Acrónimos

TPM	Total Productive Maintenance
RCM	Reliability Centered Maintenance
LCC	Life Cost Cycle
QCPC	Quality Control Process Charts
JIT	Just-In-Time
TQM	Total Quality Management
VSM	Value Stream Mapping
MTTR	Mean Time To Repair
MTBF	Mean Time Between Maintenance
SMED	Single Minute Exchange of Died



# Capítulo 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento Geral

Os sistemas automatizados, nomeadamente nos processos industriais, estão cada vez mais implementados e são também eles, cada vez mais, complexos. Devido a essa enorme complexidade, há a necessidade de garantir menos paragens provocadas por avarias nos sistemas e para garantir essa necessidade, a manutenção tem uma função crucial.

A presente dissertação tem como objetivo obter ganhos de produtividade de uma linha de produção de uma unidade fabril, a TE Connectivity, através da aplicação de metodologias *Lean* e do *Total Productive Maintenance (TPM)*, no sentido de aumentar a produtividade, de forma imediata, eficaz e com o mínimo de desperdícios. A realização desta dissertação, permitiu o contato direto com todos os desafios presentes na unidade industrial situada em Évora.

## 1.2. Objetivos

O propósito desta investigação é obter ganhos de produtividade de uma linha de produção de uma unidade fabril, a TE Connectivity, através da aplicação de metodologias *Lean* e do *Total Productive Maintenance (TPM)*. No sentido de aumentar a produtividade, de forma imediata, eficaz e com o mínimo de desperdícios, para o sucesso da empresa.

A metodologia a utilizar será a quantitativa, sendo o método o estudo de caso.

A questão geral que vai orientar a dissertação é: a aplicação das metodologias *Lean* aliadas ao *TPM* melhoram, significativamente, a produtividade de uma determinada linha de produção fabril? Já a questão específica é: consegue-se reduzir tempos de paragem e eliminar perdas, garantindo a qualidade, com a aplicação das metodologias *Lean* e do *TPM*?

Assim, o objetivo geral da dissertação é:

- Realçar a importância da aplicação de metodologias *Lean* e *TPM*, numa linha de produção, para o aumento de produtividade e redução dos tempos de paragem.

Como objetivos específicos definem-se:

- Identificar e eliminar as razões que condicionam a produtividade, utilizando as metodologias *Lean* e o *TPM*.
- Reduzir, os tempos de paragens no processo produtivo, recorrendo às metodologias *Lean* e ao *TPM*.

### 1.3. Estrutura

Esta dissertação encontra-se estruturada em 7 capítulos. No capítulo 1 há uma introdução ao tema, com definição dos objetivos a analisar e a metodologia que será utilizada na análise dos mesmos. No capítulo 2 é feita uma apresentação da empresa, onde está incluído a sua gama de produtos, como funciona o processo produtivo, o seu organograma sendo também apresentado neste capítulo o problema a estudar.

Nos três capítulos seguintes, capítulo 3, 4 e 5, entrar-se-á numa fase conceptual, onde se fará uma revisão da literatura do Lean Manufacturing, do Total Productive Maintenance (TPM) e do Lean Maintenance, respetivamente. Falando-se de conceitos, teorias e ferramentas.

No capítulo 6, é apresentado o local de estudo para a realização desta dissertação, a recolha e a apresentação dos dados.

No capítulo 7, faz-se a interpretação dos resultados e tiram-se as conclusões.

A última parte é constituída pela bibliografia e anexos de suporte à investigação.

### 1.4. Metodologia

Como em qualquer outra pesquisa, a formulação do problema constitui a etapa inicial da pesquisa. São utilizados como procedimentos, a pesquisa bibliográfica e a análise de dados junto de uma situação real. Para servir de base à pesquisa bibliográfica, recorrer-se-á a publicações nacionais e internacionais, a saber, livros, artigos científicos, teses, dissertações e variado material disponível na internet.

A metodologia a utilizar será quantitativa, sendo o método o estudo de caso. Trata-se de uma investigação que tem por objetivo avaliar os dados recolhidos e assim propor melhorias às condições encontradas.

Durante a fase decisória, foi escolhido um tema a estudar e apresentado esse mesmo tema à empresa, de modo a ir ao encontro das suas necessidades. Concluída a fase anterior da metodologia, inicia-se a pesquisa bibliográfica sobre os temas a tratar ao longo de toda a dissertação. Na fase redacional, proceder-se-á à estruturação de todo o texto e dar-se-á por concluída a análise de resultados e à tirada de ilações.

O estudo de caso terá uma duração de aproximadamente 5 meses, sendo estes meses passados integralmente na empresa.

Serão recolhidos os dados através do sistema informático da empresa e por observação sistemática e direta junto das máquinas da linha de produção. Serão analisados os dados do MTTR (*Mean Time to Repair*), do MTBF (*Mean Time Between Failures*), entre outros.

# Capítulo 2. A Empresa

## 2.1. Apresentação da Empresa

Neste capítulo far-se-á uma breve introdução à empresa em estudo. Começar-se-á por uma apresentação da história da empresa, contando-se desde o seu nascimento até à atualidade, de forma breve. No subcapítulo seguinte, falar-se-á dos produtos que a empresa produz, apresentado a finalidade destes. De seguida faz--se a descrição do processo produtivo em especial das máquinas que analisadas nesta dissertação.

### 2.1.1. História

Fundada em 1969, sob o nome Siemens, a Tyco Eletronics em Évora é a maior empregadora da região, contando atualmente com cerca de 1600 pessoas, dos quais 100 são engenheiros. Em outubro do mesmo ano começa a montagem de relés telegráficos com 80 colaboradores em instalações alugadas.

Entre 1970 e 1979 foram investidos em Évora cerca de 3 milhões de euros, criados 1069 postos de trabalho e o valor acrescentado regional atingiu um milhão de euros. O crescimento da produção foi de tal ordem acentuado, que em 1979 a quantidade produzida era já superior à produção acumulada dos primeiros cinco anos de laboração.

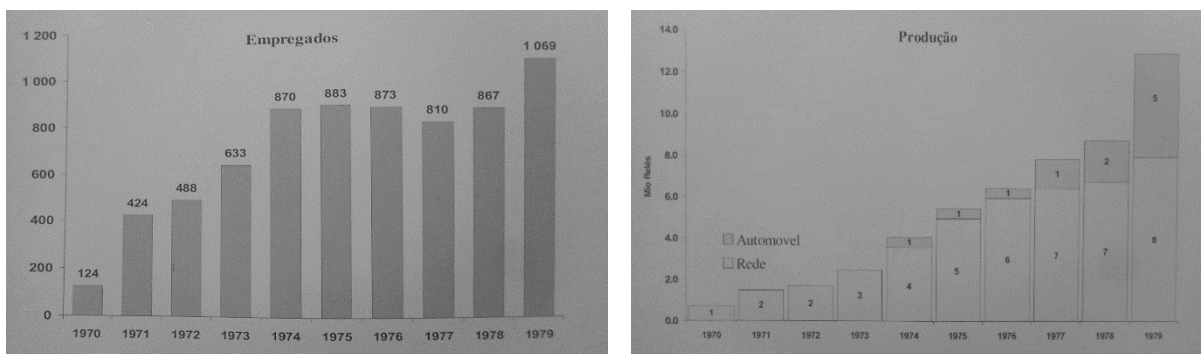


Fig. 2.1.1.1 - Gráficos representativos do número de empregados e da produção na década de 70

Fonte: TE Connectivity

Em 1971 são inauguradas as atuais instalações e dá-se início à produção de peças metálicas (Galvânica e Cunhagem). Decorria o ano de 1973 quando se deu o arranque da produção da primeira família de relés destinada à indústria automóvel, o relé SRK. Decorridos 5 anos, deu-

se início à produção da segunda família de relés automóvel, os SRF e arrancou-se com a unidade de Injeção de Plásticos.

Entre 1980 e 1989 foram investidos na TE Connectivity, 25 milhões de euros, criados 458 postos de trabalho adicionais e o valor acrescentado regional atingiu os 7 milhões de euros por ano. Nos anos 80, os relés para a indústria automóvel assumiam-se cada vez mais como o principal produto da fábrica.

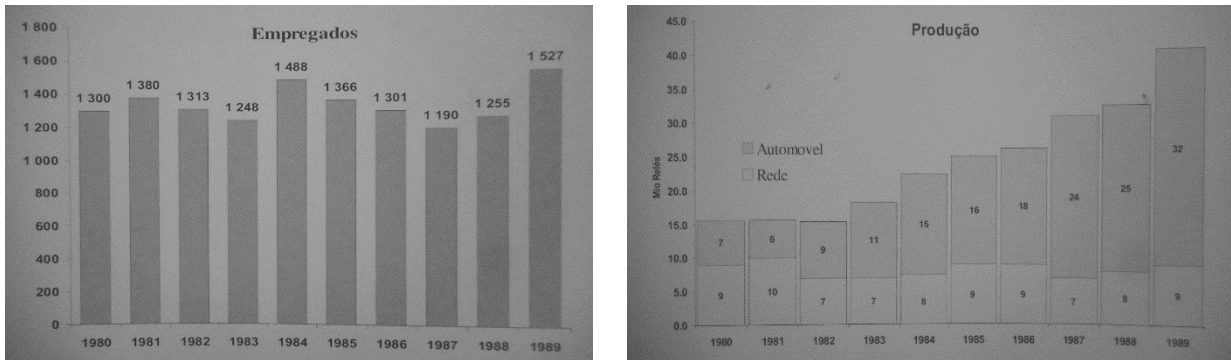


Fig. 2.1.1.2 - Gráficos representativos do número de empregados e da produção na década de 80

Fonte: TE Connectivity

No ano de 1984 foi criado o departamento de Engenharia e Desenvolvimento e no seguinte arrancou a produção de uma nova geração de relés miniaturizados para a indústria automóvel, os Mini F. Já no ano de 1986 a empresa aposta numa nova área e começa a produzir um novo produto de elevada precisão, Sensores de Ângulo.

Entre 1990 e 1999 foram investidos 70 milhões de euros mas, apesar disso, assistiu-se a uma redução de 331 postos de trabalho, por força da automatização de processos. Em contrapartida, o valor acrescentado regional atingiu 40 milhões de euros por ano e a produção cresceu 115%.

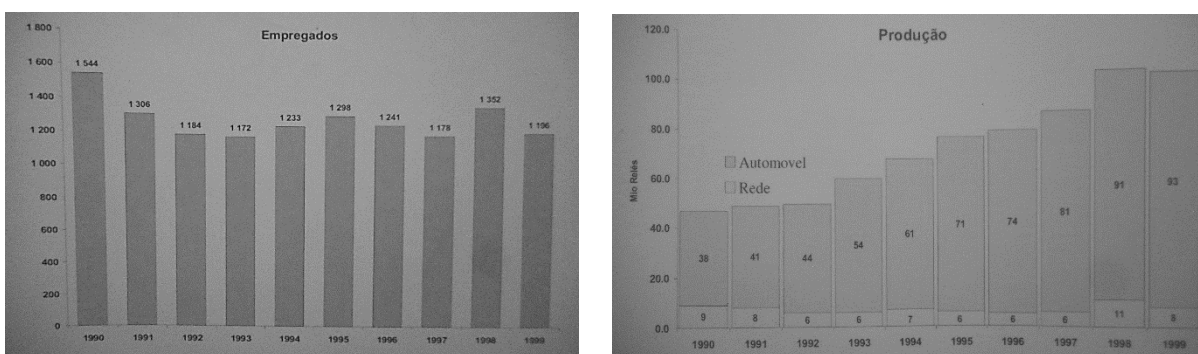


Fig. 2.1.1.3 - Gráficos representativos do número de empregados e da produção na década de 90

Fonte: TE Connectivity

No ano de 1991 arranca a primeira geração de linhas de montagem automatizadas, com o relé automóvel SRFA. Dois anos depois inicia-se a laboração da primeira linha de produção de relés totalmente automatizada, com o relé TCR.

Em 1994 dá-se início ao desenvolvimento do processo de melhoramento contínuo, tendo como base as filosofias *Kaizen* e 5S.

Decorria o ano de 1997 quando a empresa apostou numa nova família de produtos destinados à indústria automóvel e arrancou com a sua produção. Trata-se de Conetores.

1999 torna-se um ano importante para toda a empresa. Neste ano há a transferência para Évora das primeiras linhas de relés em versão micro, os Micro A, e dá-se a integração na multinacional Tyco Electronics.

Na primeira década do século XXI houve um investimento de 140 milhões de euros e uma duplicação da produção. Os postos de trabalho, também eles, atingiram os valores mais elevados de sempre e o valor acrescentado regional subiu para os 80 milhões de euros.

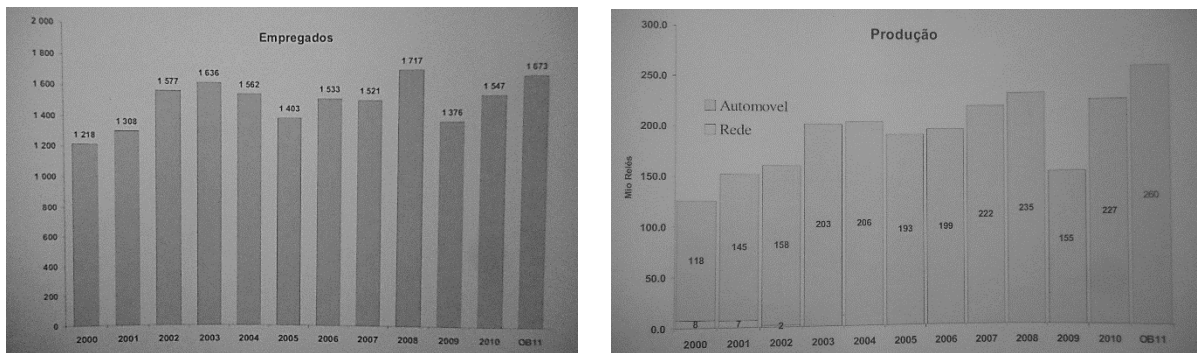


Fig. 2.1.1.4 - Gráficos representativos do número de empregados e da produção na primeira década do século XXI

Fonte: TE Connectivity

Em 2000 ocorre a transferência da produção de todo o relé DMR, de Berlim. Em consequência, em 2001 há a construção de mais 4 linhas deste mesmo relé. Em 2002 transfere-se toda a produção de relés automóvel de Trutnov, incluindo os relés Micro-K, Mini-K e BDS.

No ano de 2006 a empresa adquire a divisão de relés da Robert Bosch, trazendo para Évora os relés Mini B e Micro 3.

Em 2008 há a transferência das linhas do México e da China e em 2010 constroem-se duas linhas de produção do SRFA e o Micro A, 1 linha do Nano e do SPR.

Na segunda década do século XXI continuaram as transferências de linhas de produção, do Brasil, México, China, Europa de Leste. Em 2011 foi a vez da 4ª linha do SRFA e a 2ª linha do SPR; em 2012 foi a 3ª linha do Micro A e a 5ª linha do SRFA; em 2013 instalou-se em Évora a 3ª linha do SPR; em 2014 foi a vez da 6ª linha do SRFA e em 2015 a 4ª linha do Micro A.

O nível de produção variou entre os 227 milhões de relés produzidos em 2010 e os 251 milhões de relés no ano de 2015. Para o corrente ano de 2016, há o objetivo de 276 milhões. O número de trabalhadores manteve-se sensivelmente o mesmo durante o período 2010-2015.

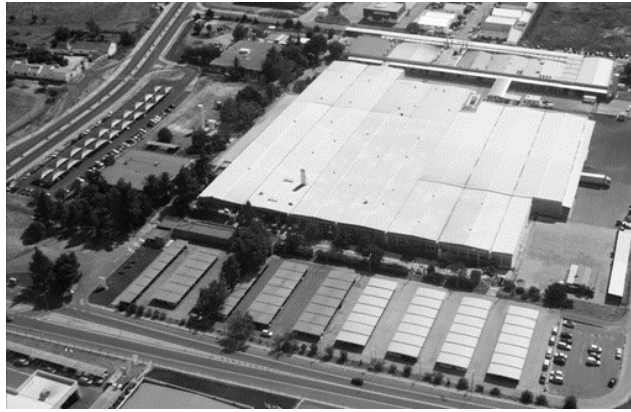


Fig. 2.1.1.5 - Vista aérea sobre a TE Connectivity, Évora  
Fonte: TE Connectivity

## 2.1.2. Produtos

A TE Connectivity tem uma gama de produtos que vai desde filtros, sensores, relés, componentes passivos, *wireless*, circuitos de proteção, antenas, produtos de identificação, cabos, conetores, fibra ótica e aplicações aeronáuticas e espaciais.

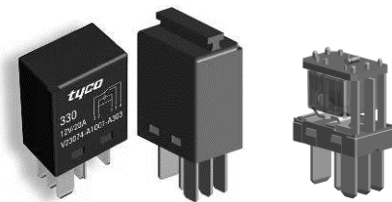


Fig. 2.1.2.1 - Relés Plug-in

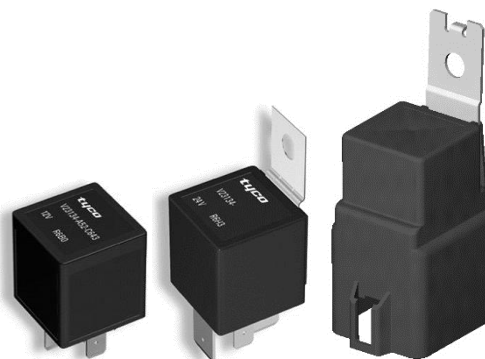


Fig. 2.1.2.2 - Relés Mini / Maxi

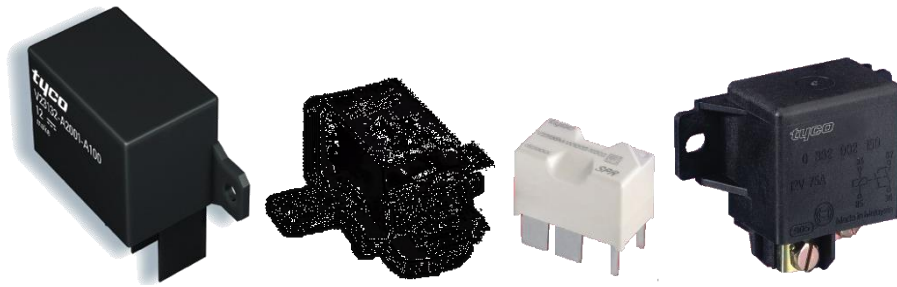


Fig. 2.1.2.3 - Relés de alta corrente

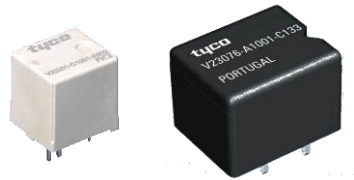


Fig. 2.1.2.4 - Relés PC-board



Fig. 2.1.2.5 - Relés de potência

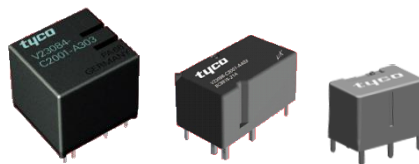


Fig. 2.1.2.6 - Relés Single

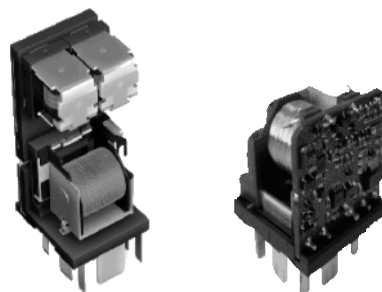


Fig. 2.1.2.7 - Soluções Personalizadas

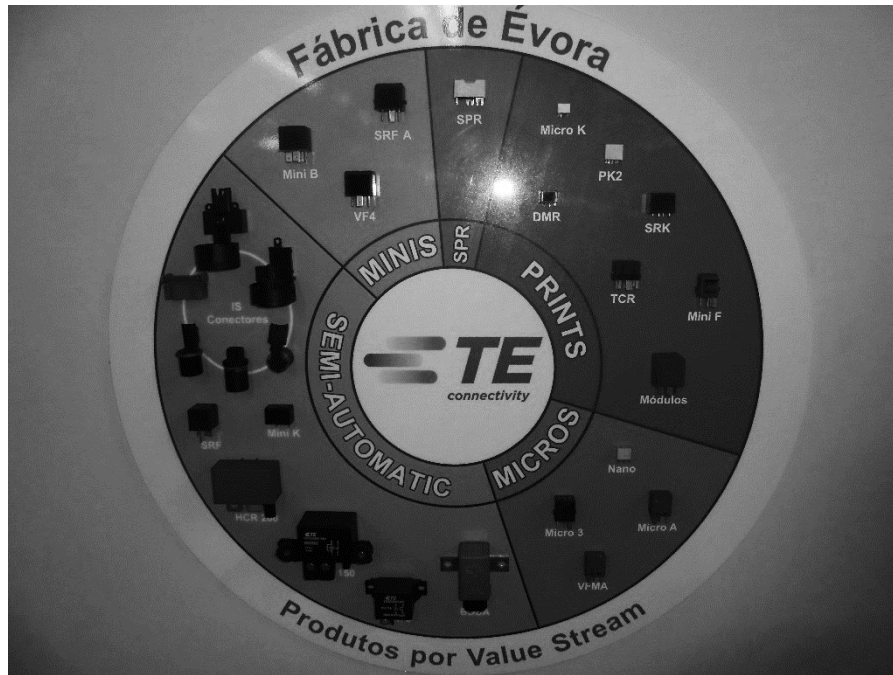


Fig. 2.1.2.8 - “Roda dos produtos” da empresa  
Fonte: TE Connectivity

### 2.1.3. Descrição do Processo Produtivo

Neste ponto far-se-á apenas referência ao setor em estudo, mais especificamente às duas máquinas em análise.

Trata-se do relé Shalt Relay F (SRF), utilizado em larga escala na indústria automóvel. Este relé apresenta centenas de normas, o que torna a sua produção complexa.

O processo produtivo começa com a colocação da banda da mola na máquina M8, depois existe o transporte desta, onde se coloca o rebite e ocorre um corte de banda, sendo o desperdício atirado para um recipiente.

A banda segue até à primeira estação de dobra da mola, onde é dobrada a 86°, de seguida vai para a segunda estação, também ela de dobra, onde sofre uma nova dobra de 13°.

A âncora chega por via de uma calha e na estação seguinte, a de cravar a âncora, é cravada no rebite.

Em consonância, o litze que está num enrolamento, segue por uma calha até à estação da prensa, onde o cilindro pneumático lhe aplica uma força. Segue para a estação de corte, onde sofre um corte deixando-o com  $28 \pm 1$  (mm).

Na estação seguinte procede-se à soldadura WIG (Gás Inerte de Volfrâmio) do litze ao rebite. Este conjunto, é encaminhado por umas balizas, até à próxima máquina.

Chegado à máquina M6, este conjunto vai então ser agregado ao sistema magnético precedente de outra máquina. O sistema magnético entra então na M6, numa magazine (molde onde são

transportados os relés), e é transferido para outra magazine, onde se encontra a base, já com os terminais do relé, através de um braço robótico de 1 eixo. O sistema magnético é então colocado e procede-se ao transporte do mesmo ao longo da linha de atuação da máquina. O conjunto anterior, ainda em banda, acompanha o sistema magnético.

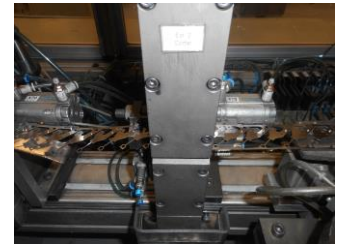
Ocorre, na estação seguinte, o cravamento do sistema magnético na base do relé, através de um cilindro mediante a aplicação de uma força. Na próxima estação ocorre um corte e a mola é separada da banda. Aqui um alicate rotativo pega na mola, roda-a 90° e espera que o segundo alicate rotativo a “apanhe” e coloque no sistema magnético e depois o processo segue para a máquina seguinte, M7 e continua o processo produtivo até à máquina do ensaio final, a M15.



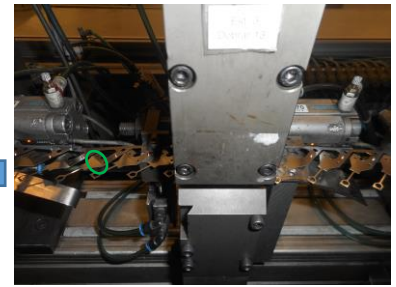
Colocação da banda



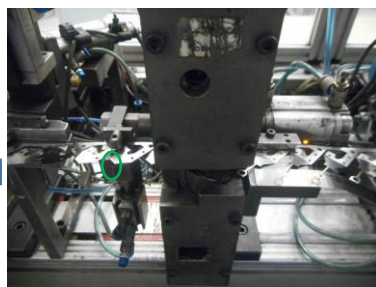
Rebitagem



Corte da banda



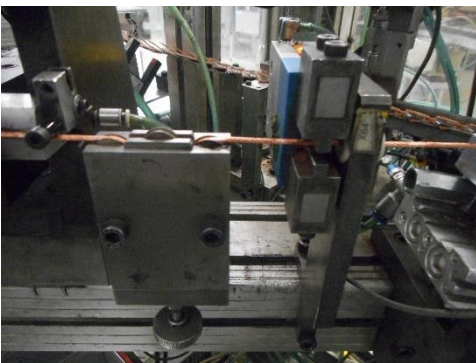
1ª dobra da mola de 86°



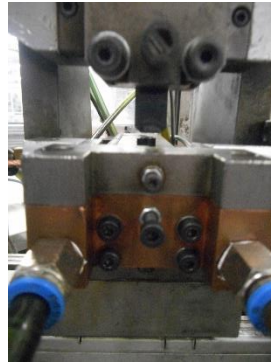
2ª dobra da mola de 13°



Cravamento da âncora



Transporte do litze



Prensagem do litze



Litze



Soldadura do litze ao rebite



Corte do litze



Seguimento do conjunto mola/âncora/rebite/litze

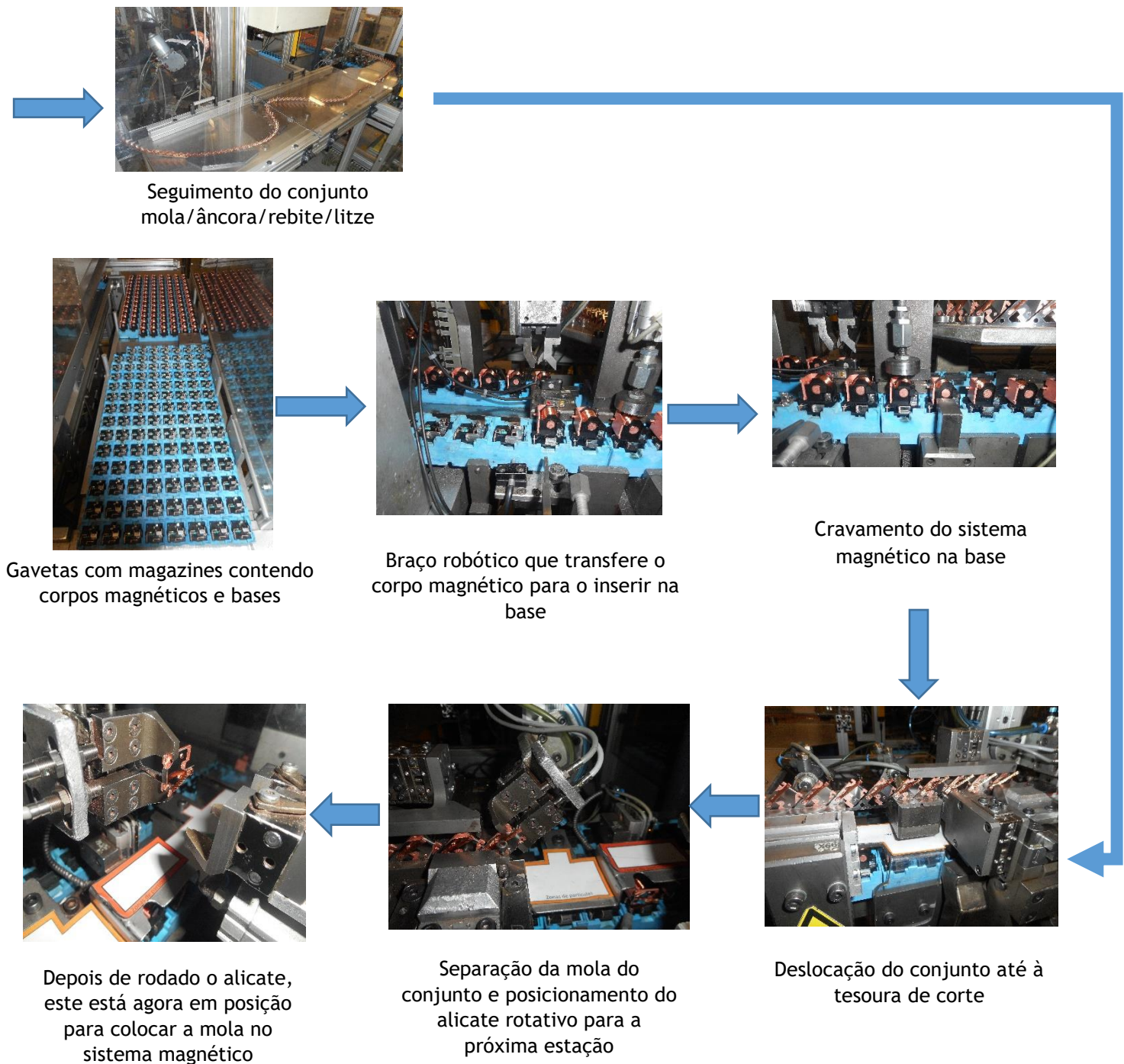


Fig. 2.1.3.1 - Esquema representativo do processo produtivo  
 Fonte: Autor

## 2.1.4. Organograma Geral

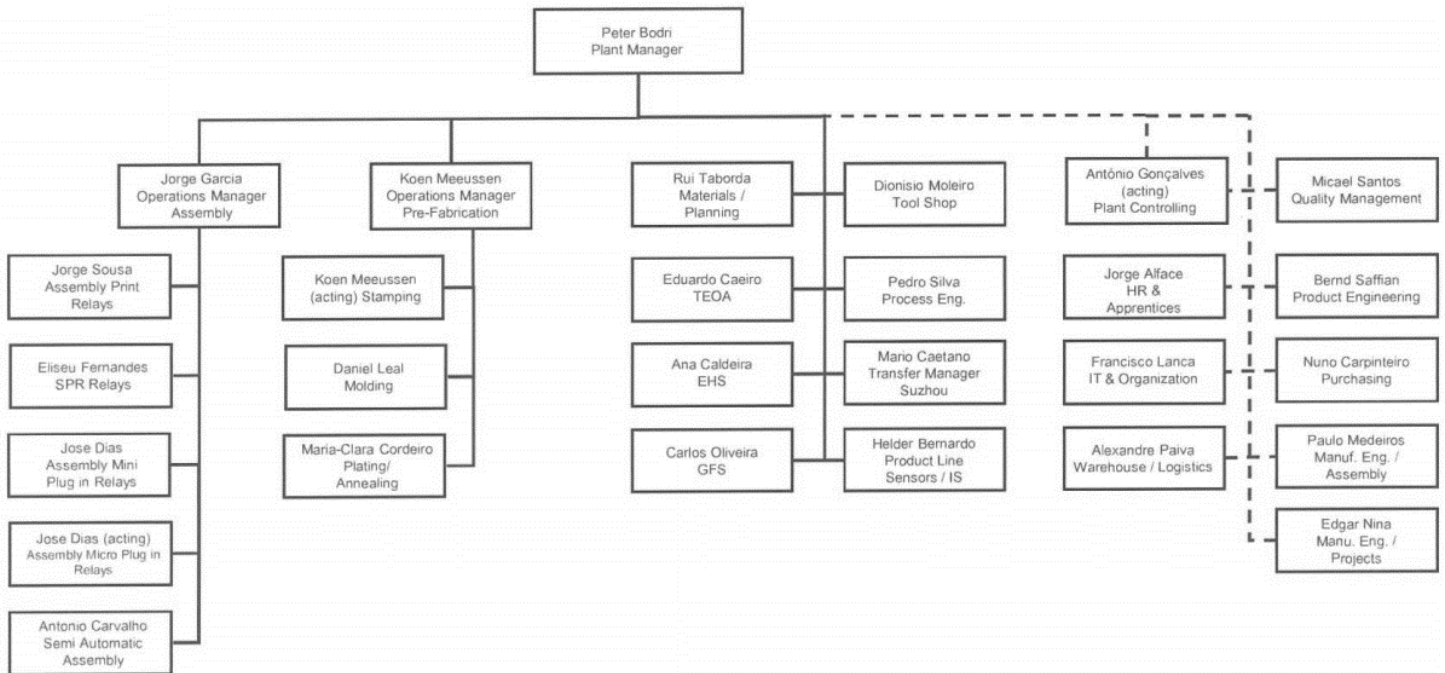


Fig. 2.1.4 - Organograma da empresa em 2016  
Fonte: TE Connectivity

## 2.2. Apresentação do Problema

Utilizando uma linha de produção que está a servir de modelo à implementação do TPM, optou-se por focar o objeto de estudo em duas máquinas que são comuns a grande parte das linhas de produção presentes na fábrica.

Como objeto de estudo, temos a análise do até agora já implementado do TPM, com recurso a ferramentas, tais como:

- *Quality Control Process Charts* (QCPC);
- OEE;
- Eventos *Kaizen*;
- MTBF;
- MTTR;

Inicialmente, optou-se por uma abordagem geral às máquinas, recorrendo à utilização de QCPC's para diagnóstico das estações mais problemáticas e do que estaria a originar as paragens. Após esse levantamento, focou-se a atenção nessas estações, com uma análise mais pormenorizada, levantando-se todas as possíveis causas que levaram à paragem dos módulos.

Essas possíveis causas constam num novo QCPC, específico para a estação, de modo a tornar clara a identificação das causas de paragens e assim poder atuar de forma mais específica.

Nos capítulos 3 e 4, Lean Manufacturing e Total Productive Maintenance respetivamente, há um enfoque em determinadas ferramentas pois estas são as mais recorrentes na análise e solução de problemas.

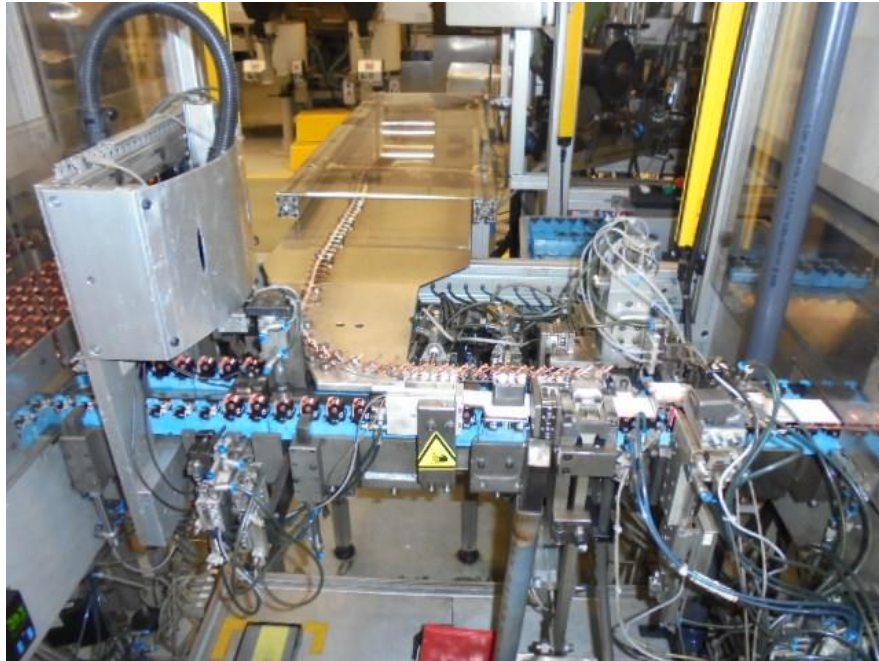


Fig. 2.2.1 - Vista geral da máquina M6  
Fonte: TE Connectivity



Fig. 2.2.2 - Vista geral da máquina M8  
Fonte: TE Connectivity



# Capítulo 3. Lean Manufacturing

## 3.1. Introdução ao Lean

Muito do conceito de Lean Manufacturing remonta a Frederic Taylor e aos seus conceitos de *Scientific Management*, por volta de 1910. Estes foram continuamente desenvolvidos e aprimorados durante os 50 anos seguintes por Frank e Lilian Gilbreth, Henry Ford, William E. Deming, entre outros (Sinfic, 2007).

Tendo como ponto de partida o trabalho de Taylor, Gilbreth, Ford e Deming, o conceito de Lean Manufacturing emergiu no Japão do pós segunda guerra mundial. O pós-guerra implicou um renascer das cinzas, um reconstruir de um país inteiro e daí os primeiros passos para o desenvolvimento da filosofia Lean. Em 1955, Taichii Ohno e Shigeo Shingo iniciaram a tarefa de desenvolver um novo sistema de produção para a Toyota Motor Company nas instalações de Nagoya (Kokudai, 2012). Durante as duas décadas seguintes, os dois engenheiros fundiram vários conceitos retirados das religiões e filosofias asiáticas com os melhores conceitos existentes de produção, essencialmente americanos. O sistema que unia num só a elevada produtividade com uma excelente qualidade tornou-se no Sistema de Produção Toyota (TPS) (Kokudai, 2012).

Nas décadas de 60 e 70, o sistema ganhou visibilidade por todo o Japão, e isso fê-lo chegar aos Estados Unidos da América, sob a forma de exportações japonesas dos setores automóvel. No final dos anos 70, várias empresas começaram a introduzir este sistema nos EUA (Kokudai, 2012).

Como o nome “Sistema de Produção Toyota” estava objetivamente associado ao produtor de automóveis japonês, tentou-se encontrar um nome mais global. Surgiram então nomes como, “Just-in-Time Production”, “World Class Manufacturing”, “Continuous Flow Manufacturing”. Foi então que em 1990, James Womack, um consultor de produtividade, escreveu um livro que se tornou famoso em todo o mundo, intitulado “The Machine that Change the World”, onde usou o termo Lean Manufacturing que este se se generalizou na comunidade científica (Sinfic, 2007).

Desde os anos 90 até aos dias de hoje, este sistema espalhou-se por toda a América e pela Europa. Continua a mostrar-se um sistema capaz de gerar melhorias significativas, tanto em termos de produtividade, como de qualidade, não aparentando sinais de desaceleração (Sinfic, 2007).

O Lean tem como principal objetivo a maximização da criação de valor através da redução do desperdício, criando assim mais valor com menos recursos (Lean Enterprise Institute, 2008).

Uma organização Lean compreende o que é o valor para o cliente e foca-se nos processos chave para aumentá-lo. O objetivo final será a criação perfeita de valor para o cliente, através do processo perfeito de criação de valor (Lean Enterprise Institute, 2008).

E para se atingir esse objetivo, a filosofia Lean foca-se na otimização do fluxo de produtos e serviços, segundo uma gestão horizontal das tecnologias, bens e departamentos. (Lean Enterprise Institute, 2008).

## 3.2. Desperdícios

Ohno identifica e define três tipos de desperdícios, que são conhecidos pelos 3MUS: *Muda*, *Muri* e *Mura*. (Ohno, 1997)

*Muda* corresponde a uma atividade que além de consumir demasiados recursos, não acrescenta qualquer valor ao produto final; *Muri* corresponde à exagerada carga a que os trabalhadores estão sujeitos; *Mura* corresponde ao desequilíbrio e variações das operações. (Ohno, 1997)

Em qualquer processo, seja qual for a atividade que não acrescente valor ao cliente, considera-se um desperdício. Assim, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo, identificaram, durante o desenvolvimento do TPS, as sete categorias de desperdícios nas organizações (*Muda*), (Ohno, 1997):

1. Excesso de Produção - Ocorre quando se produz mais que o necessário, ou seja, quando não é necessário e em quantidades desnecessárias. Daqui resulta, aumento de *stocks*, utilização desnecessária de recursos, acréscimo de inventário, entre outros.
2. Espera - Quando ocorre o tempo de espera em que as pessoas ou equipamentos, aguardam por estarem à espera de algo (por exemplo, de uma peça). Pode acontecer devido ao fluxo obstruído, a grandes lotes de produção, entre outros.
3. Transporte - Qualquer deslocação de material, dentro da organização, que não acrescente valor ao produto. Disso resulta, ocupação de espaço na organização, aumento do tempo de fabrico e aumento dos custos.
4. *Stock* - Qualquer material que seja produzido ou adquirido em excesso. Como causas disso há a antecipação da produção, problemas de qualidade e processos a trabalhar a ritmos desfasados.
5. Defeitos - Ocorrem devido a erros de processamento na produção e obrigam a trabalho extra. São causados por falhas/erros humanos, ausência de inspeções e de controlo no processo.
6. Trabalho extra - Advém de operações extra, como consequência da existência de defeitos.

7. Movimento desnecessário - Movimento que não é necessário para executar as operações. Causado por um *layout* incorreto, falta de formação dos trabalhadores e instabilidade nas operações.

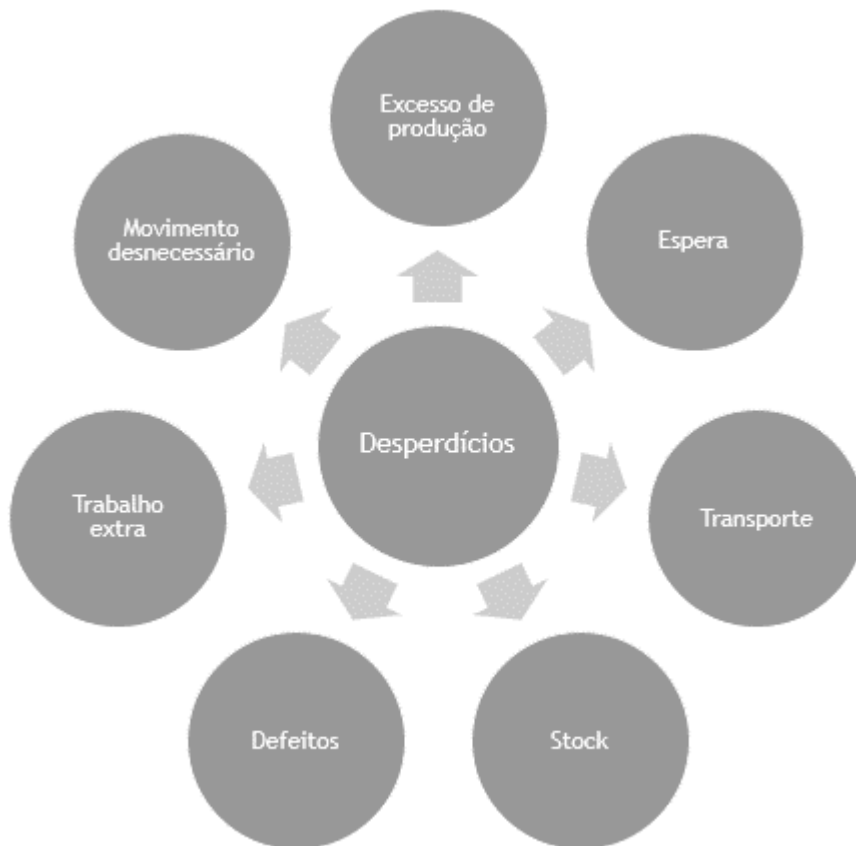


Figura 3.2.1 - Sete tipos de desperdícios das organizações  
Fonte: Autor

Segundo Pinto (2009), Brunt e Butterworth (1998) afirmam existir ainda um oitavo desperdício:

8. Não utilização do potencial humano - Milhões de euros foram gastos na automatização de fábricas e armazéns, retirando assim o emprego a muitas pessoas, mas são estas o principal recurso de qualquer organização. Há que envolver os trabalhadores no processo produtivo da empresa e na tomada de decisões.

### 3.3. Pilares

Como já referido, o *Lean Manufacturing* teve início no Japão, mais precisamente na “Toyota Motor Company”, com o objetivo de fornecer aos seus clientes, veículos com mais qualidade, com o menor custo possível e com um *lead time* curto, fruto da eliminação de desperdícios. O *Lean Manufacturing* está assente em dois pilares, o *Just-in-Time* e o *Jidoka*, como mostra a figura 3.3.1.

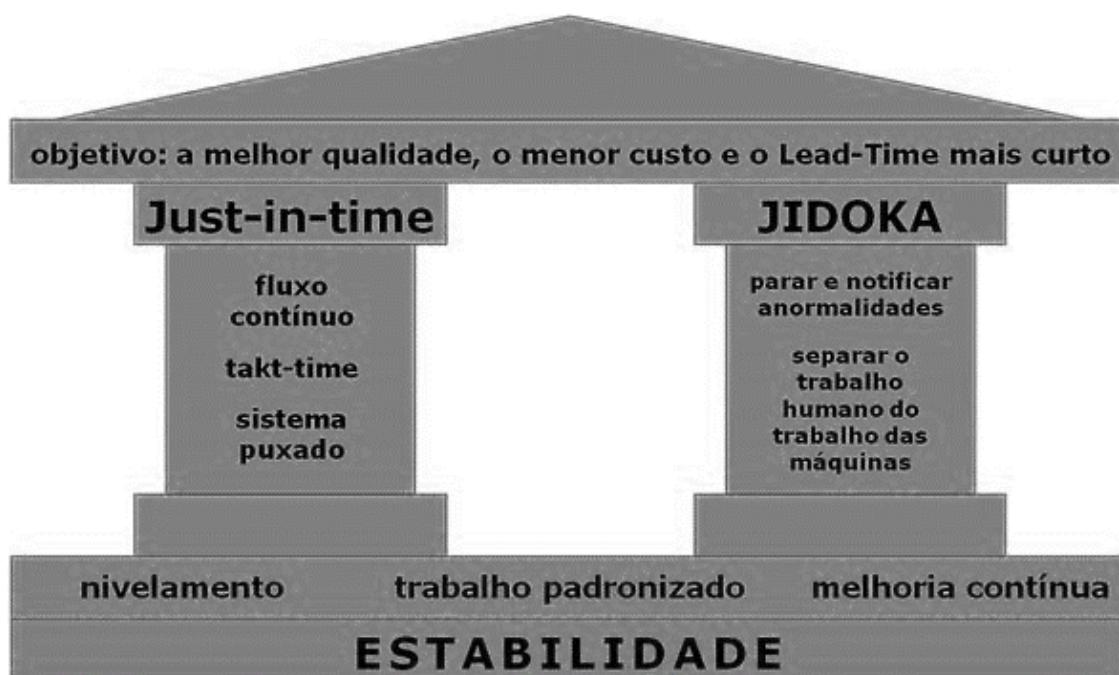


Fig. 3.3.1 - “Casa” do Lean Manufacturing

Fonte: <https://davidkond.wordpress.com/2010/06/28/casastp/>

O pilar *Just-in-Time* está relacionado com a entrega exata das peças no momento em que serão utilizadas. Para isso é necessário que a produção esteja baseada num fluxo contínuo, exista um sistema puxado de produção e a quantidade produzida esteja de acordo com o takt time da empresa. (Pinto, 2009)

Já o pilar *Jidoka* tem as suas raízes no período do pós-guerra. Toyoda, fundador da Toyota Motor Company, inventou o conceito de *Jidoka* no início do século XX, incorporando um dispositivo de paragem automática nos seus teares. Este dispositivo interrompia o funcionamento de uma máquina caso um fio se partisse. Isso deu origem a grandes melhorias na qualidade e libertou os funcionários para a realização de um trabalho que agregasse mais valor do que o simples monitorizar dos equipamentos. Por fim, esse conceito simples encontrou espaço em todas as máquinas, em todas as linhas de produção e em todas as operações da Toyota. (Pinto, 2009)

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

### 3.4. Ferramentas

#### 3.4.1. Kaizen

A origem do *Kaizen* remonta à Segunda Guerra Mundial, quando depois desta, o país teve de se reconstruir. Segundo Masaaki Imai, considerado o pai do conceito *Kaizen*, este evento é a chave do sucesso japonês, sendo considerado como o conceito mais importante da gestão japonesa. (Imai, 2014)

*Kaizen* significa melhoria contínua, “*kai*” é sinónimo de mudança e “*zen*” é melhor, logo, mudar para melhor e que segundo Masaaki Imai funciona como um conceito “guarda-chuva”. (Imai, 2014)



Fig.3.4.1 - “Guarda-chuva” *Kaizen*

Fonte: Adaptado de <http://pt.slideshare.net/julioavallari/analise-estrutural-para-implantar-a-tpm>, consultado a 7 de março de 2016

É um processo que, quando aplicado corretamente, humaniza o local de trabalho, elimina o trabalho pesado desnecessário, quer físico quer mental, ensina os trabalhadores, utilizando métodos científicos, a trabalhar rapidamente e a eliminar o desperdício decorrente do processo produtivo. (Sousa, 2013)

Fazer um *Kaizen* é motivar para melhorar, trabalhando em equipa para resolver os problemas, acrescentando entusiasmo às tarefas a desenvolver.

Segundo o *Kaizen Institute*, a implementação o *Kaizen* respeita dez “mandamentos”:

1. O desperdício é o principal inimigo e para o eliminar é necessário “sujar as mãos”;
2. As melhorias devem ser feitas continuamente;
3. Todos na empresa devem estar envolvidos no processo, desde os gestores de topo até ao pessoal de base;
4. A estratégia deve ser barata, sem envolver investimentos significativos;
5. Deve aplicar-se em qualquer atividade laboral;
6. Apoia-se numa gestão visual, com total transparência de procedimentos, processos e valores, tornando assim os problemas e desperdícios visíveis a todos;
7. Foca a sua atenção no local onde se cria valor para o processo;
8. Orienta-se para os processos;
9. Focaliza-se nas pessoas, pois o esforço principal de melhoria deve vir de uma nova mentalidade e estilo de trabalho das pessoas;
10. O lema essencial da aprendizagem organizacional é o aprender a fazer.

Por outras palavras, *kaizen* é tudo aquilo que se faz e que acrescenta valor ao produto e ao processo. Deve, por isso, haver um clima encorajador, para que os trabalhadores, da gestão de topo à base, proponham mudanças e que sejam reconhecidos por isso.

### 3.4.2. Just-In-Time

O *Just-In-Time* (JIT) caracteriza-se pela entrega dos produtos, no tempo correto e na quantidade certa ao cliente. Com a utilização desta metodologia, a empresa consegue produzir e entregar os produtos, nas quantidades pedidas e com relativa rapidez, satisfazendo assim as necessidades e os requisitos dos clientes. Esta metodologia leva a que exista condições que favoreçam a redução ao mínimo, ou se possível o desaparecimento, do stock. O JIT procura eliminar as perdas que existam no processo produtivo, determinando e eliminando todos os movimentos, paragens ou quebras que não são necessárias que não coloquem em causa o fluxo de produção, mantendo-o sempre ininterrupto. (Pinto, 2009)

Para ser mais fácil alcançar os benefícios do JIT é necessário reduzir os fornecedores ao mínimo indispensável, mas que estes estejam treinados e capacitados. Mas para evitar problemas no fornecimento devido ao reduzido número de fornecedores, há que haver uma criteriosa seleção destes e tem de se arranjar uma forma de proporcionar credibilidade dos mesmos de forma a assegurar a qualidade e confiabilidade do fornecimento (Cheng & Podolky, 1996).

### 3.4.3. 5S

A metodologia 5S é caracterizada pela criação de melhores condições de trabalho, o que resulta numa maior produtividade com mais qualidade. A prática dos 5S surgiu das iniciais de cinco palavras japonesas que sintetizam as cinco etapas do processo (Sousa, 2013; Cabrita, 2002):

1. **Seiri** (Organização) - retirar todos os utensílios que sejam desnecessários à realização da operação a realização, deixando assim mais espaço livre.

Esta etapa apresenta como principais benefícios:

- otimização do local de trabalho;
- retirada do material obsoleto do local de trabalho;
- elevada rapidez na procura de material.

2. **Seiso** (Limpar) - manter o espaço de trabalho sempre limpo, de maneira a trabalhar num espaço agradável.

Esta etapa apresenta como principais benefícios:

- ambiente de trabalho agradável;
- aumento da motivação dos trabalhadores;
- diminuição dos acidentes.

3. **Seiton** (Ordenar) - manter o material e as ferramentas organizadas no local de trabalho, com sítios próprios.

Esta etapa apresenta como principais benefícios:

- rapidez na procura de peças;
  - diminuição da movimentação de peças;
  - melhorias no controlo visual.
4. **Seiketsu** (Padronização) - padronização dos procedimentos para assegurar que as etapas anteriores são cumpridas de forma igual em todos os setores da organização.

Esta etapa apresenta como principais benefícios:

- elevado entendimento dos diversos departamentos da organização;
  - maior integração entre setores;
  - melhorias no controlo visual
5. **Shitsuke** (Autodisciplina) - interiorização de bons hábitos e costumes, de modo a envolver todos os trabalhadores na “nova” filosofia da organização

Esta etapa apresenta como principais benefícios:

- cumprimento dos procedimentos definidos;
- melhor comunicação entre os intervenientes;
- atualização constante de conhecimentos.

No entanto, algumas organizações incluem um outro elemento, denominando-se por 6S ou 5S+1:

Segurança - onde é tida em conta a segurança dos trabalhadores, as proteções de segurança nos equipamentos e a formação dos trabalhadores na área da segurança.

#### 3.4.4. Kanban

*Kanban* é uma palavra japonesa que significa cartão. Trata-se de um cartão usado para sinalizar e autorizar a produção em cada célula de trabalho, a partir das operações a jusante. Estabelecendo um controlo direto entre células de fabrico, limitando o volume de produção em curso. A linha de produção recebe o plano de produção diário, e à medida que o material é consumido há um pedido aos centros de trabalho precedentes para que iniciem o fabrico de novo lote de materiais. Identifica a referência da peça, quantidade, origem, destino, etc. (Pinto, 2009)

Através da gestão visual, os *kanban's* fornecem de forma simples e intuitiva indicações aos operadores relativas a fluxos de materiais, recursos e informação.



Fig. 3.4.4 - Sistema *Kanban* em vigor na fábrica  
Fonte: TE Connectivity

### 3.4.5. VSM - Value Stream Mapping

O mapeamento do fluxo de valor (VSM) é uma ferramenta que representa visualmente todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e de informação, desde o fornecedor até ao consumidor (Rother & Shook, 1999).

Com o objetivo de revelar oportunidades de melhoria, o mapeamento do fluxo de valor (VSM) é realizado em diferentes momentos. Assim, temos o mapeamento do estado atual, o mapeamento do estado futuro e o mapeamento do estado ideal, nalguns casos.

Rother e Shook (1999), consideram o Mapeamento de Fluxo de Valor uma ferramenta fundamental, pois auxilia na visualização do fluxo, como sendo mais do que simples processos individuais, e ajuda na identificação dos desperdícios. A meta que se pretende alcançar pela análise do fluxo de valor é a obtenção de um fluxo contínuo, orientado pelas necessidades dos clientes, desde a matéria-prima até ao produto final.

A visualização do mapa de fluxo de valor é realizada sempre de trás para frente, ou seja, do cliente para o fornecedor, garantindo que o fluxo seja realizado a favor da produção.

O grande diferencial do VSM é reduzir significativamente e de forma simples a complexidade do sistema produtivo e ainda oferecer um conjunto de diretrizes para a análise de possíveis melhorias. (Rother & Shook, 1999).

### 3.4.6. 5 Porquês

A análise dos cinco porquês é uma ferramenta que ajuda no auxílio para a descoberta da causa-raiz de um problema. (Pinto, 2009)

Esta ferramenta serve essencialmente para evitar que os problemas sejam resolvidos olhando apenas para as causas imediatamente aparentes, resultando assim numa má avaliação do problema elevando a probabilidade de recorrência deste. Os problemas devem ser minuciosamente avaliados, retalhando as suas causas.

As etapas para a utilização da ferramenta dos 5 Porquês são apenas cinco e são muito simples (Pinto, 2009):

1. Identificar o problema;
2. Perguntar: “porquê aconteceu?” (identificando-se as possíveis causas);
3. Para cada uma das causas agora identificadas, perguntar novamente: “porquê aconteceu?”;
4. Repetir cinco vezes os passos 2 e 3. No final deste ponto, deve ter-se identificado a(s) causa(s)-raiz do problema;
5. Identificar a solução e as contramedidas para resolver a(s) causas(s)-raiz.

No entanto, esta ferramenta requer algum cuidado na sua utilização, pois é baseada na opinião pessoal, por isso subjetiva, de quem a aplica. Deve então ser utilizada em equipa para que haja um confronto de ideias atenuando assim essa limitação.

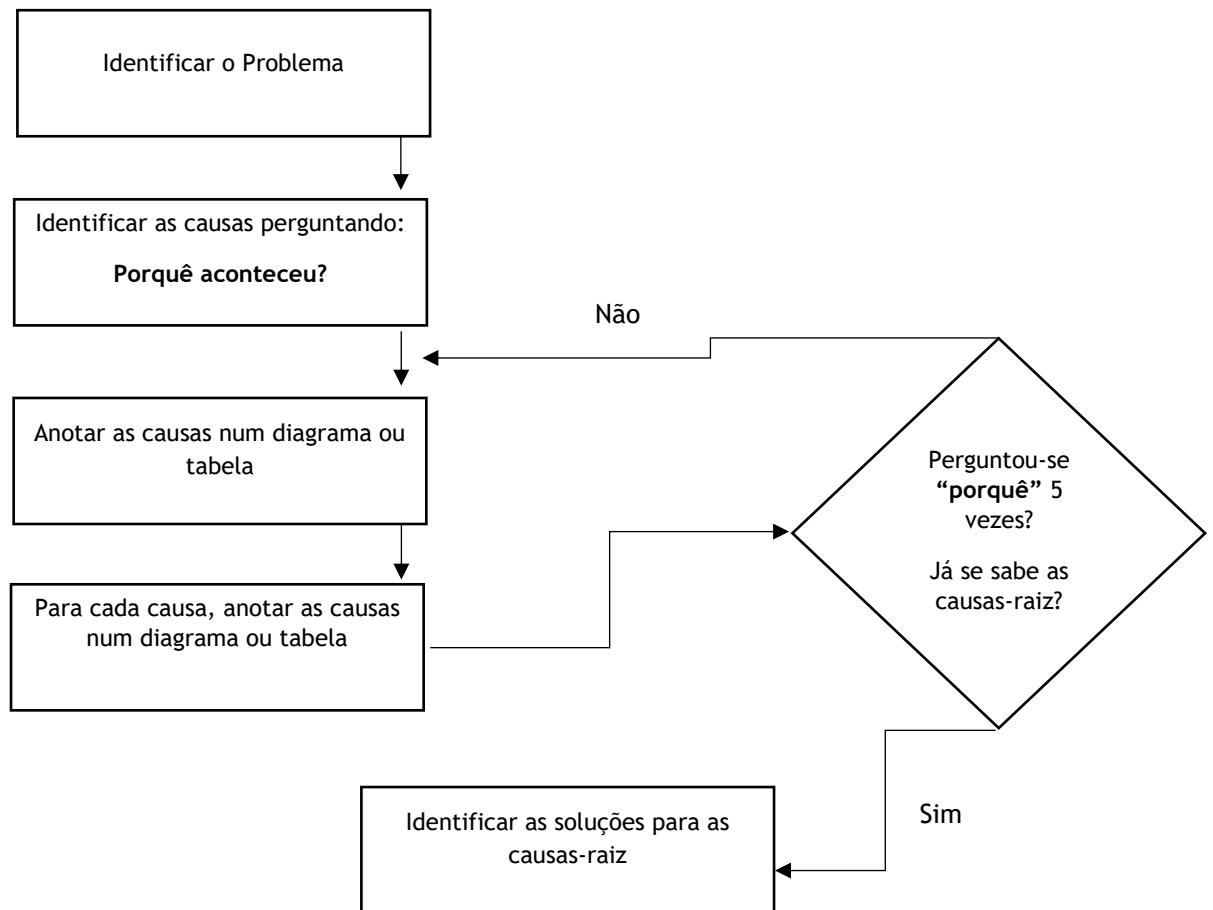


Fig. 3.4.5 - Fluxograma de utilização dos 5 Porquês  
Fonte: Pinto (2009)



# Capítulo 4. Total Productive Maintenance (TPM)

## 4.1. Origem do TPM

Após a Segunda Guerra Mundial, o Japão necessitava de se reconstruir para relançar todo o seu tecido empresarial e para isso, era necessário produzir e exportar repudiando a reputação de má qualidade que tinha antes de 1942. Devido ao elevado esforço para atingir objetivos elevados no que toca à qualidade, desenvolveu-se o *TPM - Total Productive Maintenance*. (Murça, 2012)

No entanto, os Estados Unidos da América (EUA) sempre estiveram na vanguarda do desenvolvimento tecnológico, nomeadamente, na manutenção de equipamentos, onde foram precursores na adoção da manutenção preventiva. O *Total Productive Maintenance* foi elaborado nos EUA e depois aprimorado no Japão.

Para Nakajima (1989), os Estados Unidos da América sempre desempenharam um papel de destaque na inovação tecnológica. No campo da manutenção de equipamentos, foram pioneiros na adoção da política de Manutenção Preventiva, que evoluiu para a Manutenção do Sistema de Produção, incorporando a Manutenção Preventiva. Por seu lado, o Japão assimilou todos estes conhecimentos, logo após a Segunda guerra Mundial, por influência do Dr. W. Edwards Deming, criando a “manutenção com a participação de todos”. Este modelo, após o seu refinamento levado a cabo pelo JIPM - Japan Institute of Plant Maintenance, que o registou internacionalmente com a sigla TPM, foi implementado na indústria japonesa a partir de 1971, na empresa Nippon Denso, do Grupo Toyota (Cabrita, 2002).

## 4.2. Objetivos

O TPM tem como objetivo otimizar a fiabilidade e a eficácia dos equipamentos, utilizando grupos de trabalho e atividades de manutenção proactiva, envolvendo todos os níveis e funções de uma organização. A sua estratégia incide na eliminação e prevenção de perdas relacionadas com os equipamentos.

Segundo Nakajima (1989), o TPM é uma abordagem inovadora da manutenção que visa otimizar a eficácia dos equipamentos, eliminar as avarias e promover a manutenção autónoma pelos operadores. (Ahuja e Khamba, 2008)

Este modelo desvia o seu foco para a redução de custos de exploração dos equipamentos durante o seu ciclo de vida, com recurso a variadas políticas de manutenção e à envolvimento dos operadores nessas mesmas políticas. No entanto, todos os funcionários, desde a administração até aos operadores, têm de ser envolvidos nas políticas da empresa.

O conceito básico do modelo TPM assenta na reformulação e na melhoria das práticas empresariais, a partir da reestruturação e aperfeiçoamento dos recursos materiais e humanos, com um envolvimento de todos os níveis hierárquicos ao imporem-se como metas os seguintes objetivos: “Zero Quebras de Produção”, “Zero Avarias” e “Zero Acidentes”.

Este modelo assenta no conceito do ciclo de vida dos equipamentos (LCC - Life Cycle Cost”), ao considerar os custos de aquisição, utilização, manutenção e abate, tendo como objetivo principal a maximização da disponibilidade dos equipamentos, com a consequente eliminação das perdas de produção, eliminação das avarias e dos acidentes. (Cabrita & Silva, 2002)

O TPM gera convergências entre as funções produção e manutenção, de forma a melhorar, de forma contínua, a qualidade dos produtos fabricados, a aumentar a disponibilidade operacional dos equipamentos e a aumentar as condições de segurança dos colaboradores (Cabrita & Silva, 2002). O seu cerne é fazer com que os operadores trabalhem em estreita relação com a direção de manutenção, na deteção e reparação de avarias mais complexas, reduzindo-se os custos indiretos da manutenção, levando a uma melhoria significativa no que diz respeito aos processos produtivos e aos lucros obtidos.

Cada sigla do modelo TPM tem o seu próprio significado (Cabrita,2003), a saber:

- “T” significa “TOTAL”, no sentido de eficiência global, no sentido de ciclo total de vida útil do sistema produtivo e no sentido da participação da totalidade dos departamentos da empresa.

- “P” significa “PRODUCTIVE”, atingir o máximo de eficiência produtiva, com “zero quebras de produção”, “zero acidentes” e “zero avarias”.

- “M” significa “MAINTENANCE”, tendo como objetivo o ciclo máximo de vida útil dos equipamentos e a disponibilidade operacional máxima dos mesmos.

As seis grandes perdas, que obrigam a um diminuir do desempenho global dos processos produtivos e que o TPM procura eliminar, agrupam-se em três grupos (Cabrita, 2003):

1. Tempos de paragens:

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

2. Perdas de velocidade:

- reduções na velocidade dos equipamentos, levando a atrasos no processo;
- operações em vazio e pequenas paragens.

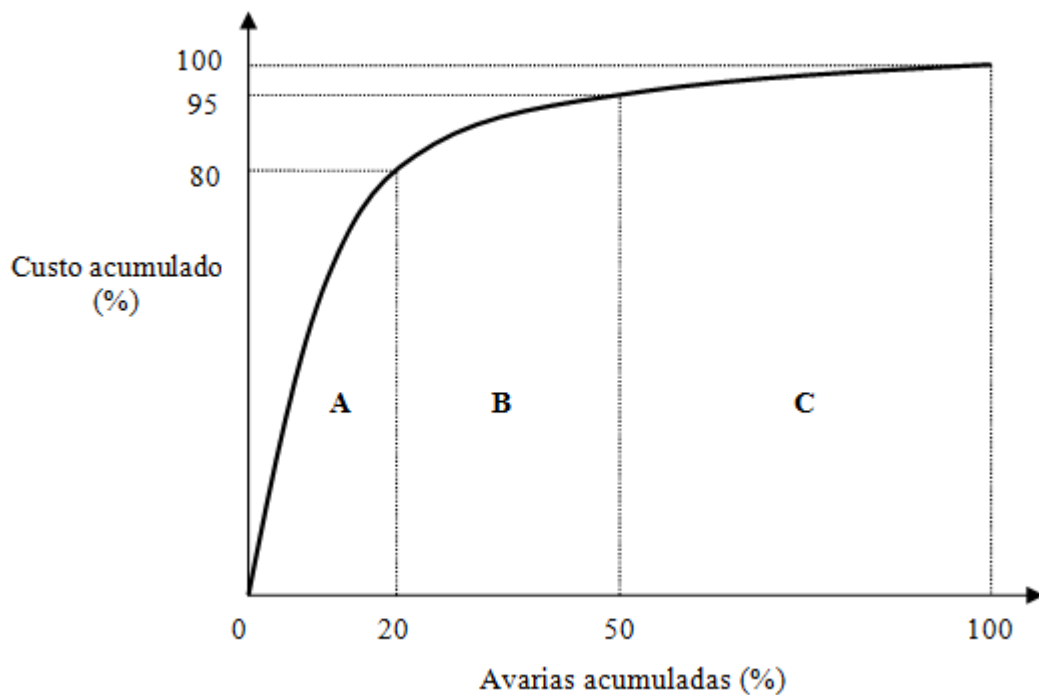
3. Defeitos:

- defeitos associados ao próprio processo;
- redução da capacidade produtiva, derivada pelas perdas dos tempos de arranque dos equipamentos.

Posteriormente à implementação do TPM, há que continuar a avaliar todo o processo, bem como o cumprimento dos objetivos definidos. Entre eles apresentam-se alguns exemplos.

- OEE - Overall Equipment Effectiveness (Eficiência dos Equipamentos);
- MTBF - Mean Time Between Failures (Tempo Médio entre Falhas);
- MTTR - Mean Time To Repair (Tempo Médio entre Falhas);
- CCP - Cost per Piece (Custo por Peça)

As políticas de manutenção devem aplicar-se de modo a rentabilizar, ao máximo, a dualidade eficiência-custos. Uma forma de atingir esse propósito é utilizando a análise ABC ou curva de



Pareto, pois com esta ferramenta, consegue-se estabelecer prioridades de avarias de acordo com o custo a elas associadas.

A análise ABC caracteriza-se da seguinte forma (Cabrita, 2003):

Fig. 4.1 - Análise ABC

Fonte: Cabrita (2003)

- Zona A: 20% das avarias contribuem para 80% dos custos, logo todas as avarias que ocorrem nesta “zona” devem ter prioridade máxima.
- Zona B: 30% das avarias contribuem para 15% dos custos, logo estas avarias devem ser consideradas de prioridade secundária.
- Zona C: 50% das avarias contribuem para 5% dos custos, logo todas as avarias que ocorram nesta região devem ter prioridade terciária.

### 4.3. Os Oito Pilares

No modelo TPM, para a eliminação das seis perdas de produção, recorreu-se a oito “pilares”, que são considerados como atividades fundamentais para uma eficaz eliminação de perdas (Cabrita, 2003).

Inicialmente eram apenas cinco pilares, mas com a necessidade crescente nas áreas da qualidade, segurança, higiene e meio ambiente, foram incluídos mais três pilares à estrutura.

Os oito pilares que servem de base à TPM são:

1. Educação e Treino dos recursos humanos.
2. Manutenção Autónoma
3. Manutenção Planeada
4. Melhorias Específicas
5. Segurança, Higiene e Meio Ambiente
6. Manutenção da Qualidade
7. Controlo Inicial
8. Gestão Administrativa

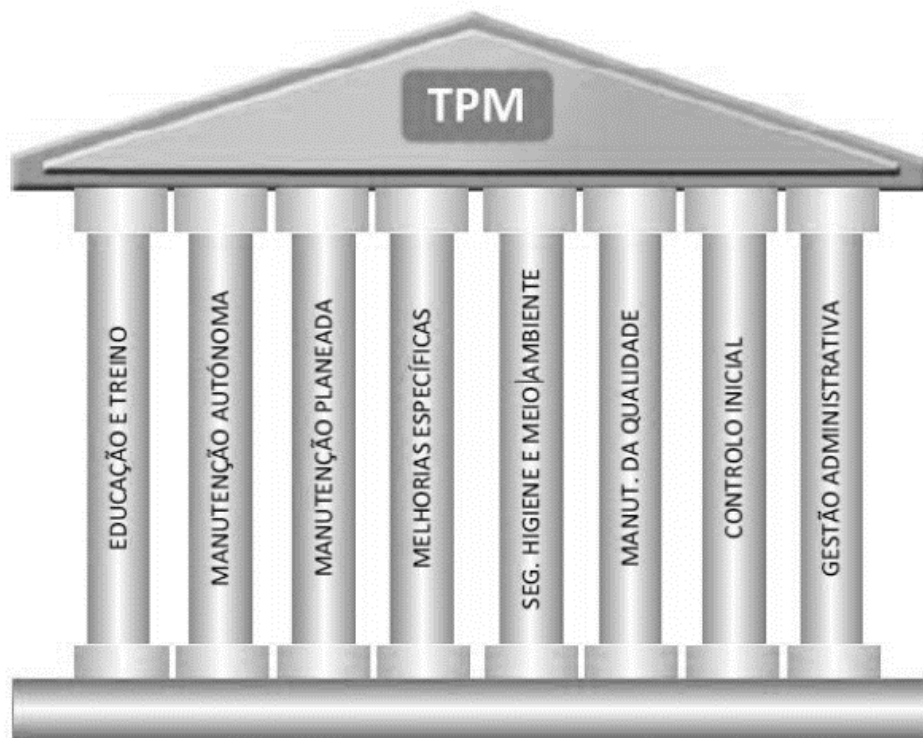


Fig. 4.3.1 - Oito pilares do TPM

Fonte: Sobral (2011)

Todas estas alterações à estrutura da empresa, nomeadamente a rapidez com que são implementadas, dependem da filosofia da mesma, tal como a sua dimensão, a forma de pensar e agir e o seu desenvolvimento tecnológico.

Cada pilar está inserido num sistema de gestão integrado. De seguida, apresenta-se cada um dos pilares do TPM. (Murça, 2012)

1. **Educação e Treino** - os trabalhadores necessitam de estar em constante aprendizagem e assim, o objetivo deste pilar é aprimorar as habilidades dos que contribuem para a maximização da eficiência global da empresa. Elevando o grau de confiança no desempenho das suas funções, os trabalhadores aumentam a sua motivação, a sua participação e a sua satisfação profissional.
2. **Manutenção Autónoma** - neste pilar recorre-se a inspeções diárias e a manutenções bem planeadas de maneira a evitar o desgaste acentuado dos equipamentos. Estabelece-se os parâmetros para um funcionamento em boas condições dos equipamentos e com as condições ideais destes. Os trabalhadores têm capacidade para realizar atividades de limpeza, inspeção e lubrificação dos equipamentos.
3. **Manutenção Planeada** - tem como objetivo primordial fazer com que os equipamentos atinjam a sua disponibilidade operacional máxima. As manutenções devem ser planeadas, tendo como finalidade a eliminação de avarias e as paragens dos equipamentos a elas associadas.
4. **Melhorias Específicas** - consiste em identificar a maior perda de um equipamento ou processo, abordando-a de forma sistemática até que esta seja extinta. A ferramenta mais utilizada neste “pilar” é o ciclo PDCA (*Plan- Do- Check- Act*), em que se planeia a(s) ação(ões), de seguida estas são executadas, depois verifica-se o que foi feito, e se estava de acordo com o planeado, e toma-se uma ação de acordo com as medidas implementadas.
5. **Segurança, Higiene e Meio Ambiente** - onde se previne todos os acidentes, eliminando as condições e atos inseguros. Como casos disso temos a falta de proteções e o incumprimento de regras ou normas da organização.
6. **Manutenção da Qualidade** - neste pilar o objetivo é garantir que a qualidade dos produtos produzidos é afetada de forma significativa de acordo com as condições com que os equipamentos operam. A meta a atingir é “zero defeitos”. Para uma correta análise deste pilar há que fazer um levantamento dos defeitos apresentados nos produtos, depois de identificados os defeitos há que inserir no processo produtivo pontos de inspeção da qualidade, em locais concretos.
7. **Controlo Inicial** - muitas perdas derivam de imperfeições nos projetos. São necessárias análises aos projetos antes destes se concretizarem de modo a analisar a facilidade de manutenção e das operações e se é flexível e segura.
8. **Gestão Administrativa** - onde se pretende eliminar as perdas dos processos administrativos, melhorando a eficiência da organização.

O pilar mais importante do TPM é a manutenção autónoma. Esta consiste numa manutenção básica aplicada aos equipamentos pelos operadores que lidam diariamente com eles. As tarefas que constituem a manutenção autónoma são (Murça, 2012):

- Limpeza inicial;
- Medidas de combate contra a fonte de sujidade e local de difícil acesso;
- Elaboração de normas de limpeza e lubrificação;
- Inspeção geral;
- Inspeção autónoma;
- Organização e ordem;
- Consolidação

## 4.4. Indicadores utilizados no TPM

Tendo como objetivo a maximização do rendimento dos equipamentos, o TPM utiliza alguns indicadores próprios. Segue-se o exemplo de alguns.

- OEE “*Overall Equipment Effectiveness*”
- MTBF “*Mean Time Between Failures*”
- MTTR “*Mean Time To Repair*”

No entanto, o indicador mais importante, aquele que indica qual é o aproveitamento que está a ser dado a um determinado equipamento é o OEE, e expressa-se por:

$$OEE = (D_o \cdot R_o \cdot T_Q) \times 100\% \quad (1)$$

Onde:

$D_o$  - Disponibilidade Operacional

$R_o$  - Rendimento Operacional

$T_Q$  - Taxa de Qualidade

A Disponibilidade Operacional traduz-se na maximização da utilização do equipamento, e o tempo que decorre entre ações de manutenção e a duração destas influenciam a disponibilidade que se pode retirar do equipamento. Assim, a disponibilidade operacional pode ser expressa (Cabrita, 2003):

$$D_o = \frac{MTBM}{MTBM + MDT} \quad (2)$$

Em que MTBM (*Mean Time Between Maintenance*) é o tempo médio entre ações de manutenção e MDT (*Mean Maintenance Downtime*) é o tempo médio de paragens para a realização das ações de manutenção (Cabrita, 2003).

O Rendimento Operacional ou Desempenho, está relacionado com as diminuições de velocidade que possam ocorrer no processo produtivo, motivadas por falhas ou avarias, e a sua expressão traduz-se por (Cabrita, 2003):

$$R_o = \frac{TBF}{TTF} \quad (3)$$

Em que TBF é o Tempo de Bom Funcionamento e TTF é o Tempo Total de Funcionamento. No entanto, o TTF resulta da diferença entre o Tempo de Funcionamento (TDF) e o Tempo de Paragens Não Programadas (TPN). Ficando a expressão do Rendimento Operacional (Cabrita, 2003):

$$R_o = \frac{TBF}{TDF - TPN} \quad (4)$$

A Taxa de Qualidade do equipamento está associada aos defeitos decorrentes do processo produtivo, ou seja, está associada aos produtos que não cumpriram os padrões de qualidade previamente estabelecidos. Esta é contabilizada através da seguinte expressão (Cabrita, 2003):

$$T_Q = \frac{PTF - PCF}{PTF} \quad (5)$$

Onde PTF corresponde ao número total de produtos fabricados e PCF aos produtos fabricados com defeito.

O rendimento operacional de um processo produtivo depende, assim, do combinado de três componentes: a disponibilidade operacional, o rendimento operacional e a qualidade. Cada ponto percentual ganho no rendimento global traduz-se num aumento proporcional de produtos produzidos com qualidade.

O *Mean Time Between Failure (MTBF)* é um termo utilizado para fornecer a quantidade de falhas por unidade de tempo para um determinado produto/processo. Resumindo, trata-se do tempo médio entre a ocorrência de uma falha e a próxima vez que ela ocorrerá. O MTBF é mais importante para as indústrias do que para os consumidores. No entanto, em alguns equipamentos, tais como relés e conversores, a análise do MTBF para o consumidor também ela se torna muito importante. (Stanley, 2011).

O *MTBF* é uma medida básica da confiabilidade de um sistema. Se este aumentar após um processo de manutenção preventiva, indica que houve uma clara melhoria na qualidade dos processos. O aumento do *MTBF* reflete se a implementação dos procedimentos de manutenção e/ou verificação estão a ser bem executados.

O *MTBF* pode ser traduzido por:

$$MTBF = \frac{\text{Tempo total de bom funcionamento num período}}{\text{Número de Falhas}} \quad (6)$$

O *Mean Time to Repair (MTTR)* é um termo utilizado para definir o tempo médio que se leva a executar uma operação de reparação após ter ocorrido uma falha. No que toca ao *MTTR* deve fazer-se ao contrário do *MTBF*, ou seja reduzi-lo ao máximo para evitar perdas de produtividade por indisponibilidade do equipamento. Um menor tempo de reparação indica uma resposta rápida a problemas. (Stanley, 2011).

O *MTTR* pode então ser definido como:

$$MTTR = \frac{\text{Total de horas do sistema parado ocasionado por falhas}}{\text{Número de Falhas}} \quad (7)$$

Trata-se de dois indicadores usados há mais de 60 anos como pontos de referência para a tomada de decisões. São fortes indicadores de performance e devem ser utilizados para ampliar o conhecimento da empresa sobre os seus processos e reduzir perdas de produtividade ou qualidade nos produtos (Stanley, 2011).

Durante o período de vida útil do equipamento, o *MTBF* é igual ao inverso da taxa de falhas  $\lambda$ , na medida em que estes dois parâmetros representam, respetivamente, um período e a sua frequência (Cabrita & Silva, 2002):

$$MTTR = \frac{1}{\lambda} \quad (8)$$

Na prática, a experiência confirma que a taxa de falhas de um determinado equipamento varia com o seu tempo de funcionamento, de uma forma que se mostra na figura 4.1, cuja curva é comumente designada por “curva da banheira”.



Figura 4.4.1 - Evolução da taxa de falhas em função do tempo - “curva da banheira”.

Como se pode constatar, a “curva da banheira” compreende três zonas (Cabrita & Silva, 2002):

- Zona A - É a fase inicial de funcionamento do equipamento, em que a taxa de avarias diminui com o tempo. É o período de arranque, denominado de “mortalidade infantil”, onde as falhas se devem a deficiências de fabrico, a defeitos de montagem, e a manipulações não corretas devido à inexperiência dos operadores.
- Zona B - A taxa de avarias é constante, ocorrendo avarias com carácter aleatório, que não poderão ser imputadas a causas específicas.
- Zona C - Revela um crescimento acentuado da taxa de avarias, devido ao desgaste e envelhecimento progressivo dos equipamentos. É a zona de fim de vida útil, com o abatimento do serviço.

Sem dúvida que o período mais significativo é o correspondente ao da Zona B, com taxa de avarias constante, na medida em que a sua duração é bastante superior às das Zonas A e C.

Na prática, a taxa de avarias é determinada pela seguinte expressão (Cabrita & Silva, 2002):

$$\lambda = \frac{\text{Número de avarias}}{\text{Tempo total de funcionamento}} \quad (9)$$

## 4.5. Reliability Centred Maintenance (RCM)

O modelo RCM teve a sua origem na indústria aeronáutica dos EUA, nos anos 70. Surgiu devido às grandes mudanças nas últimas décadas, com o aumento do número e diversidade de equipamentos, cada vez mais complexos, e com isso veio a necessidade de adotar um método de trabalho que compreendesse os novos avanços tecnológicos num modelo coerente e capaz. Como já referido, este modelo teve origem nos EUA na década de 70, numa altura em que os aviões americanos eram sujeitos a uma manutenção preventiva completa, mas com o surgimento do Boeing 747, que era à altura dos factos, três vezes maior que o até então maior avião de passageiros, verificou-se que continuar a aplicar uma manutenção preventiva completa levaria a que o avião permanecesse mais tempo em terra imobilizado do que para a função que tinha sido destinado, voar e os custos associados a este tempo de imobilização seriam elevadíssimos. (Cabrita, 2007)

A primeira organização a utilizar a RCM foi a Marinha Norte-Americana (*US Navy*). Logo em 1980 a RCM passou a ser exigida, além da marinha, no exército e na força aérea. No decorrer da década de 80 toda a área industrial dos EUA passou a aplicar este modelo.

A metodologia “*Reliability Centered Maintenance*” (RCM), é uma metodologia com o objetivo de otimizar a relação custo/benefício da manutenção aplicada a um dado equipamento ou sistema. Baseia-se em critérios de fiabilidade para determinar as técnicas de manutenção mais apropriadas a cada modo de falha de um equipamento que prioritariamente conduzam a elevados níveis de segurança de pessoas e bens, a proteção do meio ambiente, assim como a uma adequada disponibilidade do equipamento. (Cabrita, 2007)

A implementação da RCM é executada com a constituição de um grupo de trabalho que envolva elementos da Função Manutenção e da Função Produção.

Este modelo promove a aplicação de políticas de manutenção fundamentadas no conhecimento completo das funções do equipamento, no contexto em que está a operar, e no conhecimento profundo dos seus tipos de avarias e suas consequências, como resultados do estudo detalhado, por parte dos grupos de trabalho, dos seguintes aspetos (Cabrita, 2007):

- Funções do equipamento e seus requisitos padrão;
- Análise das suas falhas funcionais e respectivos tipos e efeitos, através do método *FMECA - Failure Modes, Effects and Criticality Analysis* (Consequências dos Tipos de Falhas - Falhas -, e Análise das Criticidades).
- Consequências das falhas na segurança, no ambiente e na produção (avaliação de riscos).
- Definição da política de manutenção, aplicando a metodologia específica da *RCM* à informação previamente obtida, recorrendo a acções de:

- manutenção preventiva;
- *default*, para os casos em que não é possível identificar acções de natureza preventiva, e que incluem inspecções periódicas e o cálculo da sua periodicidade efectuadas aos sistemas de protecção;
- manutenção correctiva e modificações.

Segundo Cabrita & Silva (2002), Nunes & Valladares (2002) indicam que as etapas de implementação da RCM podem ser caracterizadas da seguinte forma:

#### 1. Delimitação do sistema

- O sistema deve ser delimitado, definindo-se assim as entradas e saídas do objeto da aplicação.

#### 2. Análise funcional

- Onde há uma definição de objetiva de todas as funções e falhas funcionais associadas aos componentes e acessórios do equipamento. A falha funcional é a incapacidade de um componente/equipamento ter o desempenho desejado.

#### 3. FMEA (Análise dos Modos e Efeitos de Falha)

- Utiliza-se esta ferramenta para identificar os modos de falha e apurar os efeitos associados a cada um deles. Fornece ainda a caracterização dos modos de falha associados aos componentes/equipamentos, as causas e os efeitos das falhas.

- FMEA de Produto: onde se considera falhas que possam ocorrer com o produto dentro das especificações do projeto;

- FMEA de Processo: onde se considera as falhas no planeamento e na execução dos processos, tentando evitá-las no decorrer do processo.

#### 4. Diagrama de Decisão

- A utilização destes, permite a definição das tarefas de manutenção, de forma lógica e estruturada.

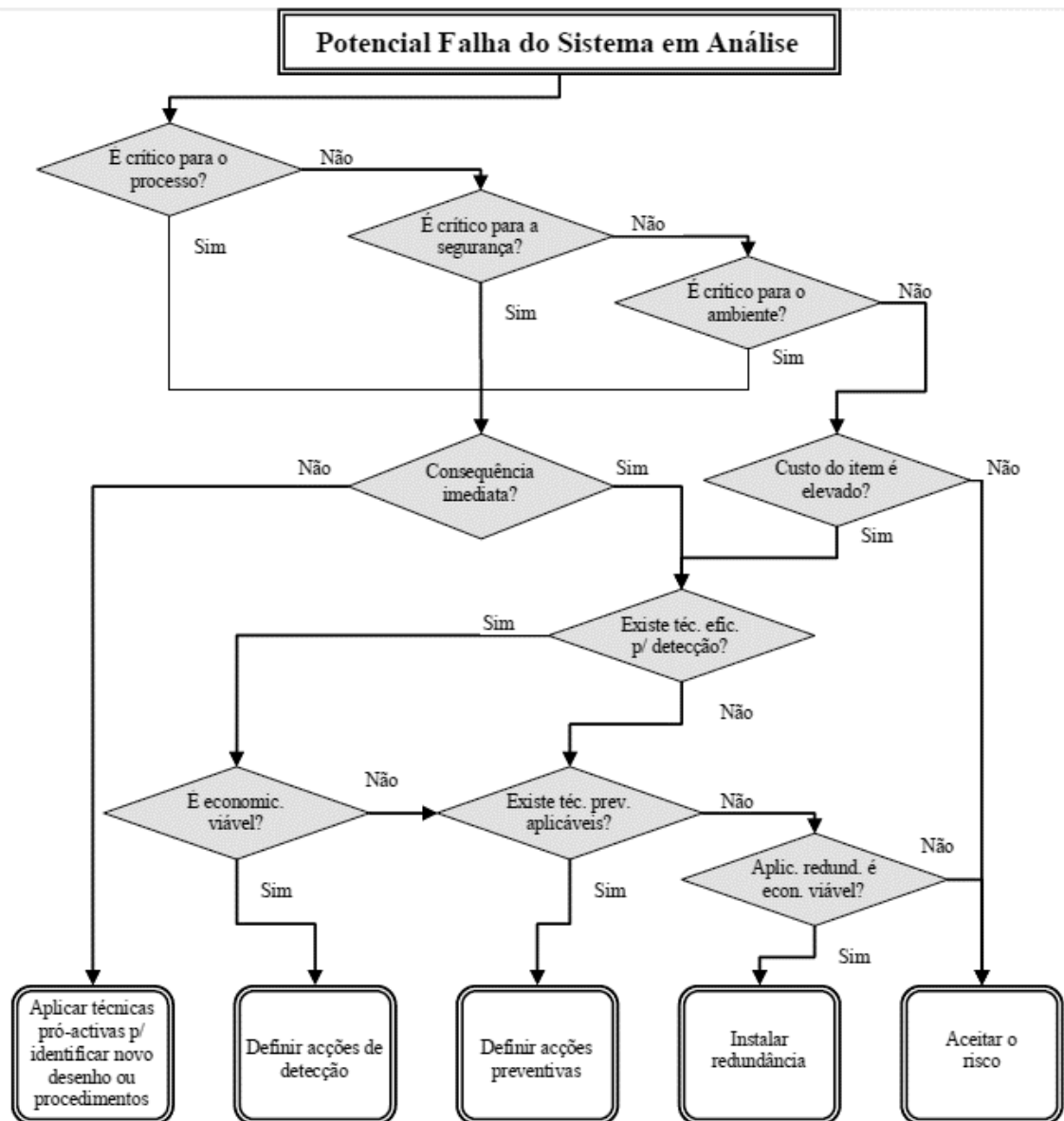


Fig. 4.5.1 - Diagrama de decisão da RCM

Fonte: Adaptado de Cabrita (2002)

## 5. Plano de Manutenção

- A implementação do plano de manutenção, com as tarefas e respetivas frequências definidas, é a última etapa na implementação da RCM. Nesta, agrupam-se as tarefas com o objetivo de otimizar a utilização dos recursos humanos e minimizar a eventual indisponibilidade associada à execução das atividades de manutenção preventiva.

## 4.6. Tipos de Manutenção

De acordo com a norma portuguesa NP EN 13306:2007, a manutenção pode ser definida como uma “*combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou a repô-lo num estado em que possa desempenhar a função requerida*”.

No entanto, a manutenção tem sofrido profundas alterações com o decorrer dos anos. Passou-se de um conceito de manutenção reativa, onde só se agia quando o equipamento estivesse inoperacional, para um conceito mais vocacionado na prevenção e no planeamento, uma manutenção preventiva.

Segundo Wireman (2005), a gestão da manutenção tem como objetivos:

- Assegurar a produção com o menor custo, com a qualidade desejável e dentro dos padrões de segurança exigíveis;
- Identificar e reduzir custos nos processos de manutenção;
- Elaborar registos relativos a ações de manutenção;
- Otimizar os recursos disponíveis para a manutenção;
- Otimizar a vida útil dos equipamentos;
- Minimizar o consumo de energia;
- Minimizar o *stock* de consumíveis.

A manutenção deve ser considerada um ponto estratégico da gestão da organização e não vista apenas com uma fonte de despesa. Uma boa manutenção é vantagem ganha sobre os concorrentes diretos.

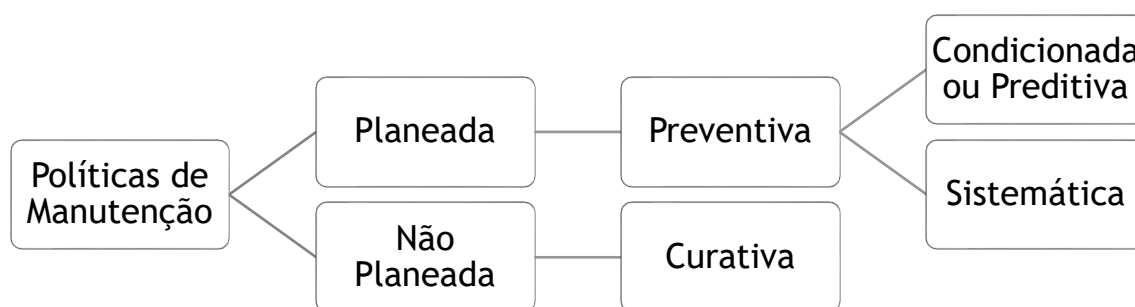


Fig.4.6.1 - Políticas de Manutenção

Fonte: Autor

Segundo NP EN 13306:2007, pode definir-se manutenção preventiva como sendo uma manutenção que é efetuada a intervalos de tempo pré-estabelecidos com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou degradação do funcionamento de um equipamento. Segundo a mesma norma, manutenção preventiva sistemática é uma manutenção preventiva

efetuada a intervalos de tempo pré-estabelecidos ou segundo um número definido de unidades de utilização, mas sem controlo prévio do estado do bem. Esta manutenção resulta na paragem dos equipamentos para uma inspeção de rotina, que há sido estabelecida ou pelo técnico de manutenção, ou pelo fabricante ou por dados externos que revelem a necessidade de uma manutenção sistemática.

Ainda segundo a mesma norma, manutenção preventiva condicionada, pode ser definida como uma manutenção preventiva baseada na vigilância do funcionamento do bem e/ou dos parâmetros significativos desse funcionamento, integrando as ações daí decorrentes, ou seja, com alguma periodicidade há uma análise ao equipamento, sem o parar, que dará indicações sobre o estado ou condição deste. E em função do seu estado ou condição, as ações de manutenção são então desencadeadas.

A manutenção curativa pode ser definida, segundo a norma NP EN 13306:2007, como aquela que ocorre após a ocorrência da avaria e cujo objetivo fulcral é a reposição o mais célere possível das funções do equipamento.

## 4.7. Lean Maintenance

Couto (2011) afirma que segundo Smith (2004), o *Lean Maintenance* (Manutenção Lean) deriva da filosofia TPM. Introduzido no processo de melhoria da Toyota nos anos 70, por Nakajima, o TPM tem como principal objetivo a otimização da fiabilidade e eficiência dos equipamentos industriais.

Nakajima desenvolveu um indicador de desempenho global, que pode ser considerado um dos elementos chave do TPM, a Eficiência Global dos Equipamentos (OEE - *Overall Equipment Efficiency*). Esta ferramenta indica o rácio entre a produção efetiva e a produção ideal, do setor, que se pretende estudar (Cabrita, 2003).

O Lean Maintenance pode ser definido como um sistema de manutenção proactiva que utiliza atividades planeadas e calendarizadas, fundamentadas no TPM. É desenvolvido a partir de uma estratégia de RCM (*Reliability Centered Maintenance*), em português, Manutenção Centrada na Fiabilidade e é praticado por grupos de trabalho autónomos que aplicam ferramentas de melhoria contínua específicas (5S, *Kaizen* e manutenção autónoma).

Segundo Couto (2011), Dhillon (2002) prossupõe a execução do *Lean Maintenance* em 9 passos:

1. Identificar as fontes de desperdício, recorrendo a indicadores de desempenho e ao contacto direto com as equipas de manutenção;
2. Definir os objetivos da manutenção, com o objetivo de eliminar os desperdícios identificados no ponto anterior;
3. Definir prioridades, privilegiando a poupança;
4. Definir quais os indicadores a utilizar em cada objetivo;

5. Discutir e definir os objetivos e planos de manutenção preventiva de curto e longo prazo;
6. Implementar o plano de manutenção preventiva de curto prazo;
7. Elaborar relatórios periódicos para a avaliação do cumprimento dos objetivos estabelecidos;
8. Acompanhar o processo, havendo sempre uma comparação com os objetivos definidos no início;
9. Renovação do plano de manutenção, tendo em vista os objetivos a longo prazo e fazendo ajustamentos de acordo com o plano anterior.

O objetivo do *Lean Maintenance* é garantir a fiabilidade dos equipamentos.

# Capítulo 6. Estudo de Caso

Com a necessidade emergente da empresa em resolver um problema de falta de celeridade na resolução de problemas, foi apresentado um caso, cujo nível de implementação do TPM se encontrava baixo. Tendo como objetivo primordial a maximização da disponibilidade operacional dos equipamentos, foram desenvolvidas algumas metodologias com a finalidade de fazer um estudo mais aprofundado sobre o caso.

Esta metodologia teve início com a seleção da linha de atuação e conseqüente escolha dos módulos. Tanto a linha de produção, como os módulos, foram escolhidos por se tratarem de “projetos-exemplo” na implementação do TPM. No caso específico dos módulos, a escolha recaiu sobre estes, por serem aqueles que apresentavam mais paragens, algumas com duração elevada, e por não haver registos documentais suficientes para uma análise mais cuidada.

Posto isto, a linha escolhida foi a linha 2 do relé SRF e incidiu-se nos módulos 6 e 8 desta mesma linha.

Depois da escolha dos módulos, fez-se o levantamento de todas as estações destes e seguidamente elaborou-se um QCPC, que são tabelas que servem para controlar a qualidade do processo, que podem ser de registo de paragens, de defeitos e de produção, para cada módulo de maneira a fazer um levantamento do número de paragens para assim se verificar quais as estações mais problemáticas.

Foram utilizados 146 QCPC's ao longo dos 48 dias da recolha de dados, como se pode verificar nos anexos A a E.

Estes QCPC's estiveram implementados nos módulos entre os dias 22 de março de 2016 e 15 de abril de 2016 e o resultado que se obteve foi que as estações mais preocupantes são:

- Módulo 6:
- Transferência do sistema magnético;

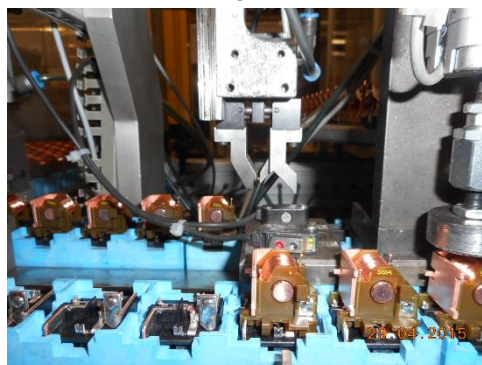


Fig. 6.1 - Estação de transferência do sistema magnético

- Estação de separar mola da banda.

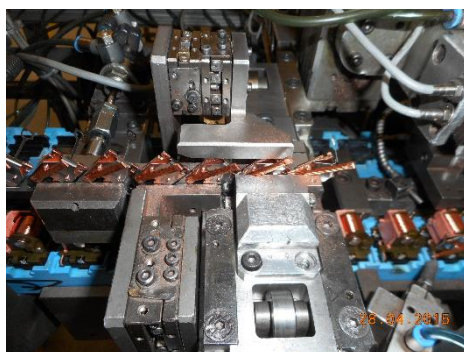


Fig. 6.2 - Estação de separar mola da banda

- Módulo 8:

- Estação de cravar âncora;

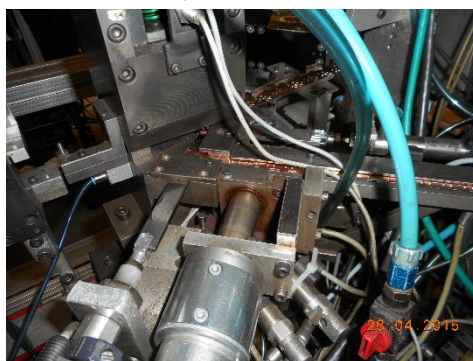


Fig. 6.3 - Estação de cravar âncora

- Estação de prensar litze.

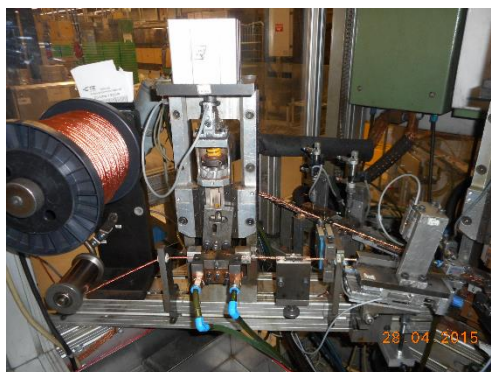



Fig. 6.4 - Estação de prensar litze

Após este levantamento, iniciou-se a criação de um novo QCPC para as estações mais problemáticas dos módulos, com a indicação das possíveis causas que poderão ter levado à paragem das referidas estações.

## 6.1. Implementação dos QCPC's gerais nos módulos

Durante 1 mês estiverem presentes na linha 2 do SRF, nomeadamente nos módulos 6 e 8, umas folhas de registos (QCPC's), de modo a que os operadores de linha indicassem quantas paragens ocorreram durante o turno de trabalho, indicando-os em espaços temporais.

Em baixo, temos um exemplo de um QCPC utilizado para a recolha de dados.



Process Improvement Management  
QCPC-Quality Control Process Charts  
Paragens

Data: \_\_/\_\_/\_\_

Turno	A	B	C	D
-------	---	---	---	---

SRF - L2 M8


Posição/Lugar e Trabalho	Número de paragens							
Turno Dia	0-2min	2-5min	5-10min	10-15min	15-20min	20-25min	>25min	Total
1º - Colocar rebites								
2º - Estação de cortar banda								
3º - Estação de dobragem (86º)								
4º - Estação de dobragem (13º)								
5º - Estação de cravar âncora								
6º - Estação de prensar litze								
7º - Estação de cortar litze								
8º - Estação de soldar litze ao rebite								
9º - Transporte da banda								
Turno Noite	0-2min	2-5min	5-10min	10-15min	15-20min	20-25min	>25min	Total
1º - Colocar rebites								
2º - Estação de cortar banda								
3º - Estação de dobragem (86º)								
4º - Estação de dobragem (13º)								
5º - Estação de cravar âncora								
6º - Estação de prensar litze								
7º - Estação de cortar litze								
8º - Estação de soldar litze ao rebite								
9º - Transporte da banda								

Template Document Number: FOR\_EMEA\_PT\_EV\_OA\_005\_2 Document Owner: TFOA / Revision 1 dated March 16 2016

Fig. 6.1.1 - QCPC utilizado no módulo 8 da linha 2 do relé SRF  
Fonte: Autor

## 6.2. Implementação dos QCPC's nas duas estações mais problemáticas

Terminado o período de implementação destes QCPC's, conclui-se que na M6, na estação de colocação do sistema magnético, esta pára devido ao facto do sistema magnético se encontrar fora da posição ideal na magazine ou então por os terminais estarem tortos na magazine; já na M8, na estação de prensar litze, as paragens acontecem devido ao diâmetro do lize e em consequência disso por causa das pastilhas.



Process Improvement Management  
QCPC-Quality Control Process Charts  
Paragens

Data:

M6 - Estação de separar mola da banda

Número de paragens													
Dia	08:30	09:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16:30	17:30	18:30	19:30	Total
Transporte da banda													
Transporte do sistema magnético													
Transporte da banda da mola no conjunto Matriz / Punção (separação)													
Alicate de apanhar a mola													
Alicate de rodar a mola													
Alicate de montar a mola													
Cilindro de colocar a haste da mola													
Noite	20:30	21:30	22:30	23:30	00:30	01:30	02:30	03:30	04:30	05:30	06:30	07:30	Total
Transporte da banda													
Transporte do sistema magnético													
Transporte da banda da mola no conjunto Matriz / Punção (separação)													
Alicate de apanhar a mola													
Alicate de rodar a mola													
Alicate de montar a mola													
Cilindro de colocar a haste da mola													

Fig. 6.2.1 - QCPC específico utilizado para a estação de separar a mola da banda do módulo 6 do relé SRF.

Fonte: Autor

### 6.3. Análise dos Resultados

Os resultados que se apresentam em seguida, são referentes a 36 QCPC's que foram colocados nas duas máquinas, da linha 2 do SRF, em estudo por um período compreendido entre os dias 22 de março e 8 de abril.

<b>M6</b>	
Transporte do sistema magnético	15
Transferência do sistema magnético	30
Transporte da banda	9
Cravamento do sistema magnético na base	7
Estação de separar mola da banda	24
Alicate rotativo da posição da mola	9
Alicate de colocar a mola no sistema magnético	12
Transporte da magazine pelo módulo	2
<b>Totais</b>	<b>108</b>

Tabela 6.3.1 - Quantidades de paragens registadas no período de implementação dos QCPC's.

<b>M8</b>	
Colocar rebites	25
Estação de cortar banda	3
Estação de dobragem (86°)	0
Estação de dobragem (13°)	1
Estação de cravar âncora	29
Estação de prensar litze	25
Estação de cortar litze	6
Estação de soldar litze ao rebite	2
Transporte da banda	1
<b>Totais</b>	<b>92</b>

Tabela 6.3.2 - Quantidades de paragens registadas no período de implementação dos QCPC's.

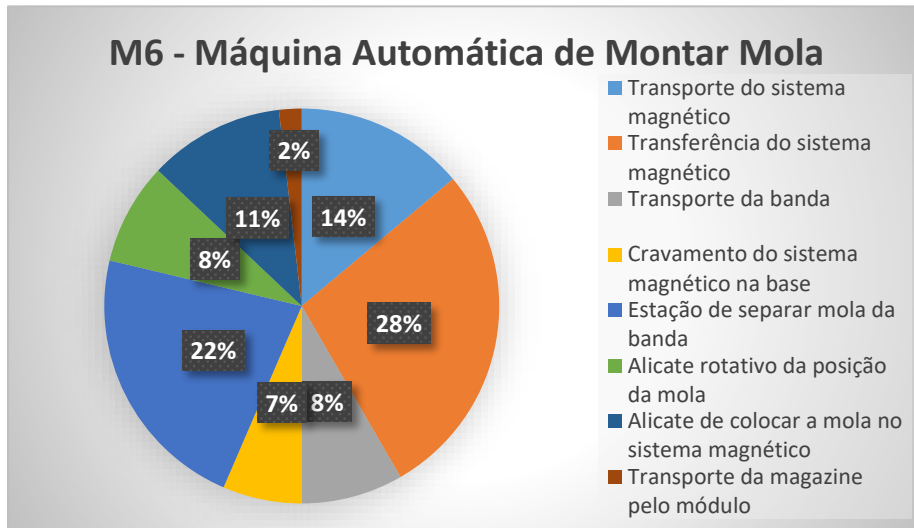


Fig. 6.3.1 - Gráfico representativo dos totais das paragens, em percentagem, que ocorreram na máquina 6.

Fonte: Autor

Como se pode verificar acima, as duas estações que registam mais paragens são a transferência do sistema magnético e a estação de separar mola, com 28% e 26%, respetivamente, de um total de 108 paragens registadas.

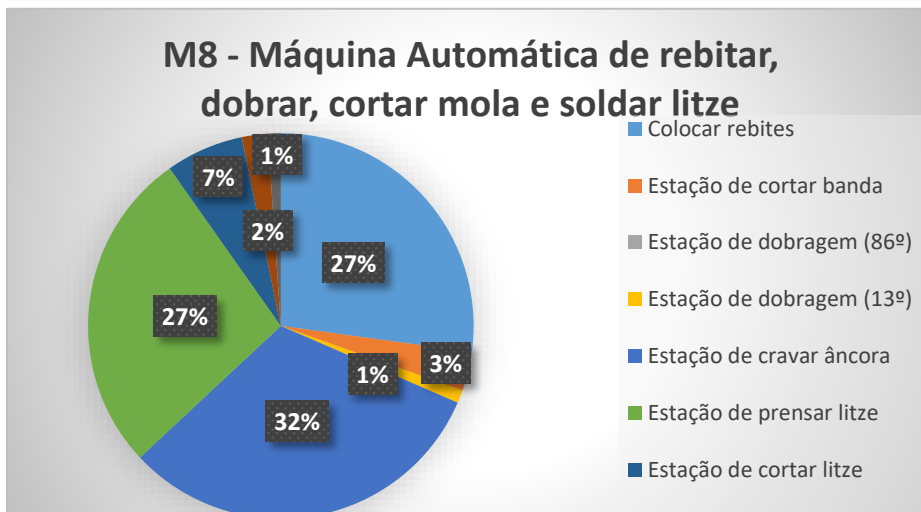


Fig. 6.3.2 - Gráfico representativo dos totais das paragens, em percentagem, que ocorreram na máquina 8.

Fonte: Autor

Como se pode verificar no gráfico acima, as estações que registaram mais paragens durante o tempo de análise, foram as estações de cravar âncora, com 32% do total de paragens, e as estações de prensar litze e de colocar rebites, ambas com 27%, de um total de 92 paragens registadas.

Finalizada a fase de recolha geral das paragens dos dois módulos em estudo, incidiu-se, em cada módulo, nas duas estações que mais paragens registaram. Assim, no módulo 6, temos a estação de transferência do sistema magnético e a estação de separar mola, e no módulo 8 temos a estação de cravar âncora e a estação de prensar litze. Optou-se por estudar a estação de prensar litze em detrimento da estação de colocar rebites, uma vez que os tempos de paragens eram em muito superiores á estação de colocar rebites.

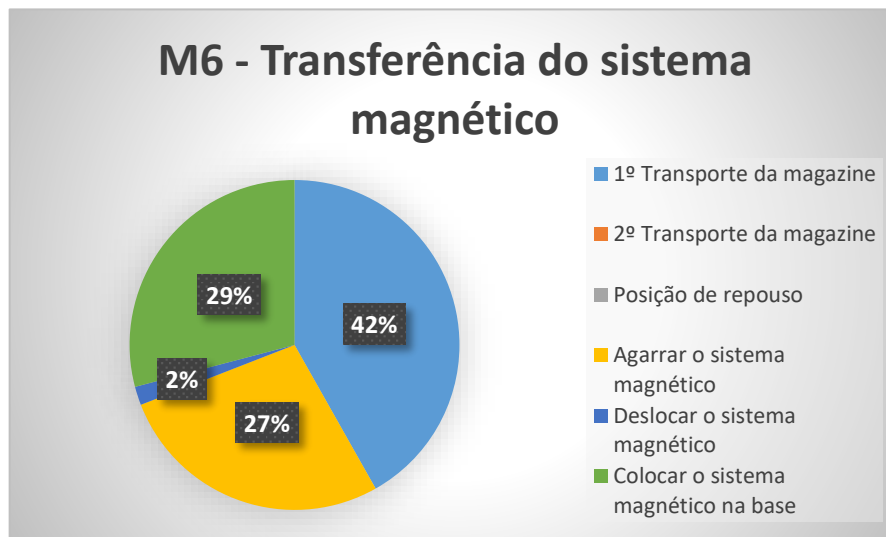


Fig. 6.3.3 - Gráfico representativo das paragens da estação de transferência do sistema magnético do módulo 6.

Fonte: Autor

Analisando o gráfico acima, pode concluir-se que o primeiro transporte da magazine foi o que registou a maior percentagem de paragens, 42%, precedido do momento em que o sistema magnético é colocado na base, com 29%.

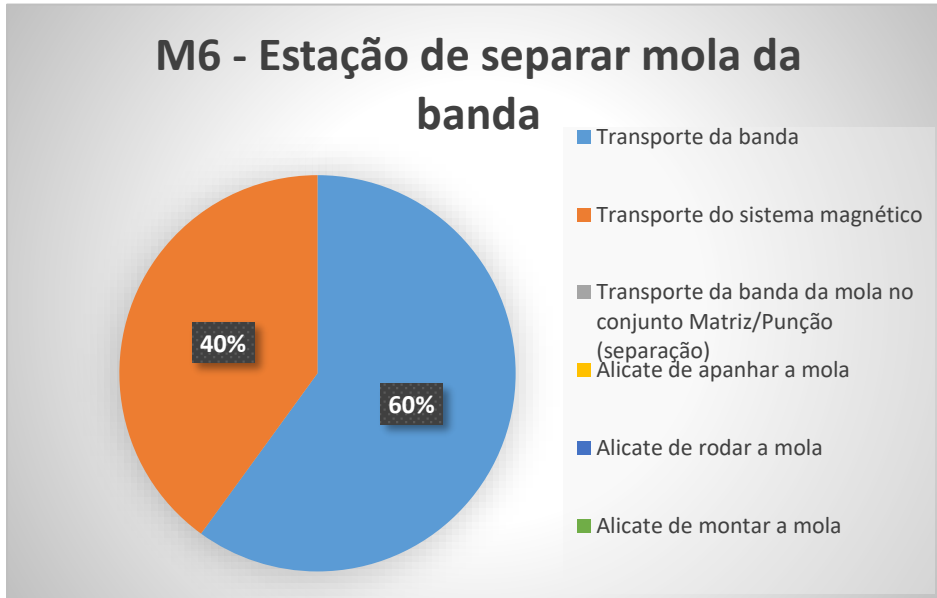


Fig. 6.3.4 - Gráfico representativo das paragens da estação de separar mola da banda do módulo 6.  
Fonte: Autor

Com base no gráfico acima, verifica-se que a estação de separar a mola da banda registou mais paragens devido ao transporte da banda, com um total de 60%, seguido do transporte do sistema magnético na magazine, com 40%.

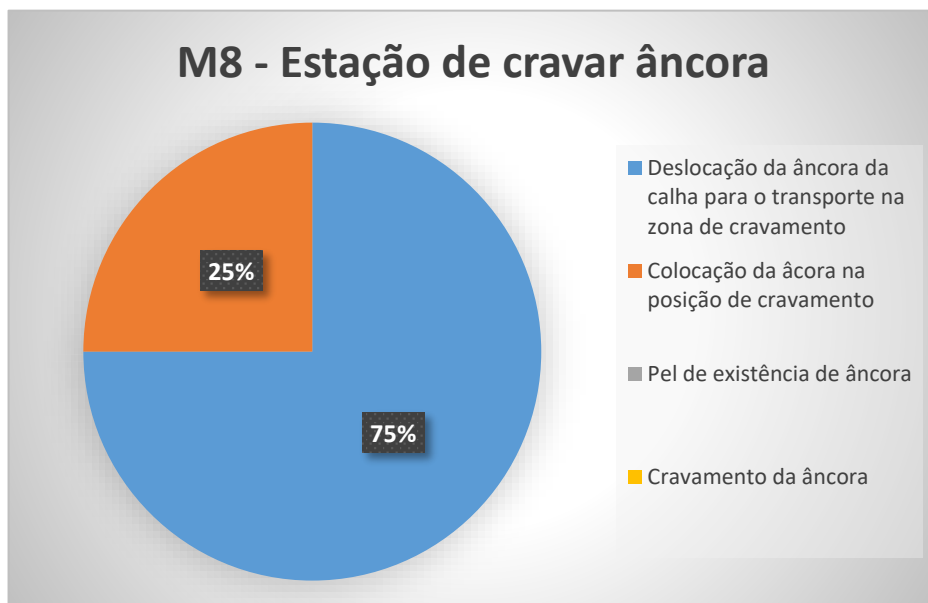


Fig. 6.3.5 - Gráfico representativo das paragens da estação de cravar âncora do módulo 8  
Fonte: Autor

Já na estação de cravar âncora, a causa maior das paragens acontece na deslocação da âncora da calha para o transporte na zona de cravamento, com 75%, seguido da colocação da âncora na posição de cravamento com 25%.

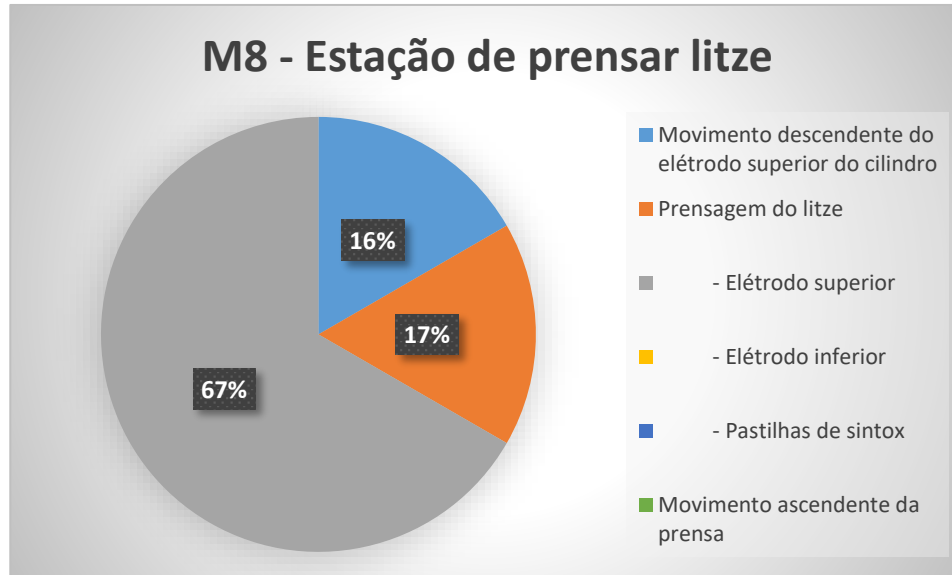


Fig. 6.3.6 - Gráfico representativo das paragens da estação de prensar litze do módulo 8  
Fonte: Autor

Na estação de prensar o litze, a principal razão das paragens prende-se com a prensagem em si do litze, envolvendo os eléctrodos, as pastilhas e os calotes, com um total de 84%.

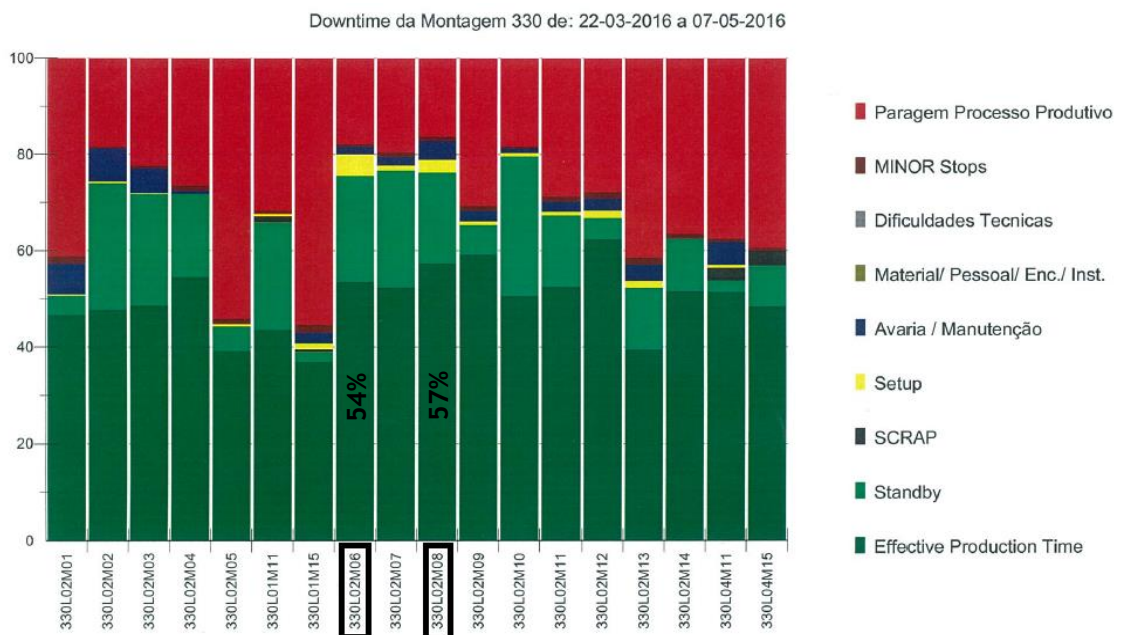


Fig. 6.3.7 - OEE dos módulos da linha 2 do SRF  
Fonte: TE Connectivity

No gráfico acima estão representadas, em forma de porcentagem, as ocorrências, por categoria, que ocorreram na linha 2 do SRF. O gráfico foi retirado do sistema de gestão que está implementado na fábrica.

As porcentagens de 54% e 57% correspondem, respectivamente, aos módulos 6 e 8 da linha de produção em estudo, e referem-se exclusivamente ao tempo efetivo de produção da linha de montagem.

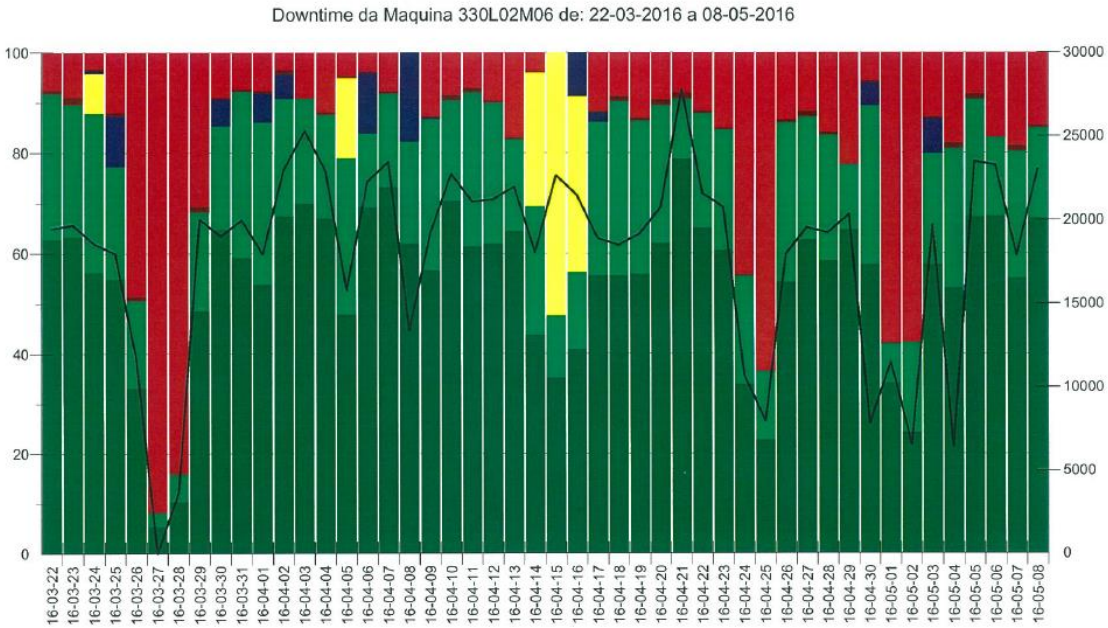


Fig. 6.3.8 - Downtime do módulo 6  
Fonte: TE Connectivity

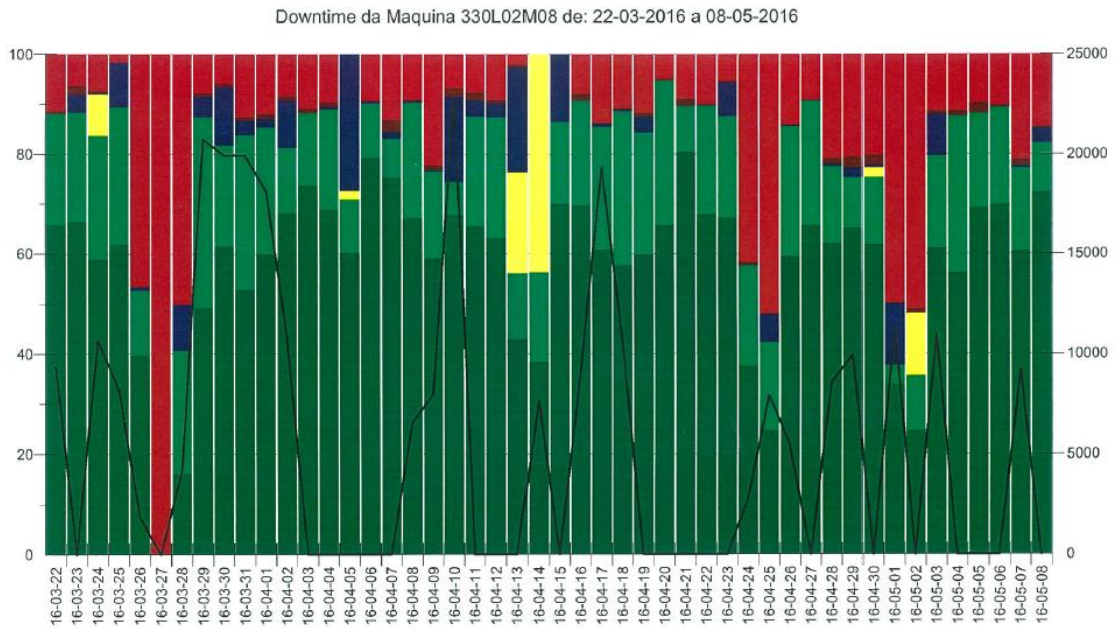


Fig. 6.3.9 - Downtime do módulo 8  
Fonte: TE Connectivity

Nos dois gráficos acima estão representados, por dia, em termos percentuais, a produção efetiva, os tempos de standby's e tempos de demais paragens, cujo código de cores se encontra na figura 6.3.7.

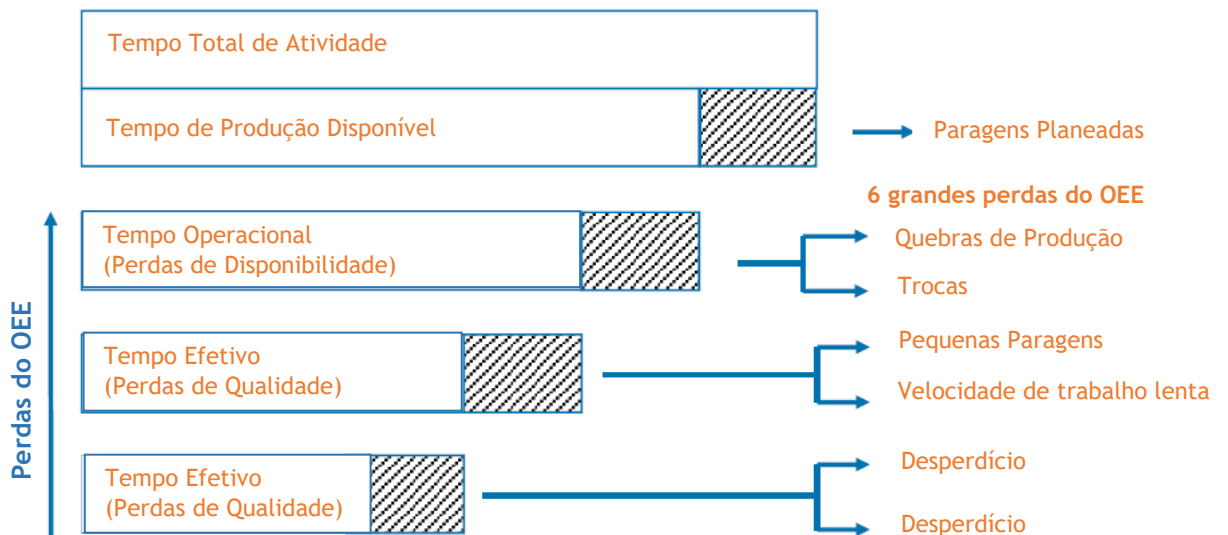


Fig. 6.3.10 - Método de cálculo do OEE utilizado pela TE Connectivity

Fonte: Adaptado de TE Connectivity

Segundo a fórmula utilizada pela empresa, o OEE é calculado pelo quociente entre o tempo efetivo de produção e o tempo total disponível.

$$OEE = \frac{\text{Tempo Efetivo}}{\text{Tempo Operacional}} \quad (6)$$

Segundo informações recolhidas junto da equipa de mecânicos, a manutenção preventiva na máquina 6 é efetuada de 12 em 12 semanas e tem um tempo de execução estimativa em 11h, já na máquina 8 a manutenção preventiva é efetuada com um espaçamento de 26 semanas com um tempo estimado de 12h para a sua conclusão.

Utilizando a fórmula para o cálculo do OEE que se encontra no subcapítulo 4.4, vem então:

Para o M6,

$$D_o = \frac{(12 \times 8 \times 24)}{(12 \times 8 \times 24) + (11 \times 60)} = 0.777$$

$$R_o = \frac{55048 - (0.54 - 55048)}{55048 - 14648} = 0.627$$

$$T_Q = \frac{865337 - (865337 \times 0.047)}{865337} = 0.953$$

$$OEE = 0.77 \times 0.627 \times 0.953 = 0.460 = \mathbf{46.0\%}$$

Para o M8,

$$D_o = \frac{(26 \times 8 \times 24)}{(26 \times 8 \times 24) + (12 \times 60)} = 0.983$$

$$R_o = \frac{54287 - (0.57 - 54287)}{54287 - 14943} = 0.593$$

$$T_Q = \frac{274148 - (274148 \times 0.047)}{274148} = 0.953$$

$$OEE = 0.983 \times 0.593 \times 0.953 = 0.503 = \mathbf{50.3\%}$$

Utilizando o método de cálculo utilizado pela TE Connectivity, equação 6, tem-se então os seguintes valores:

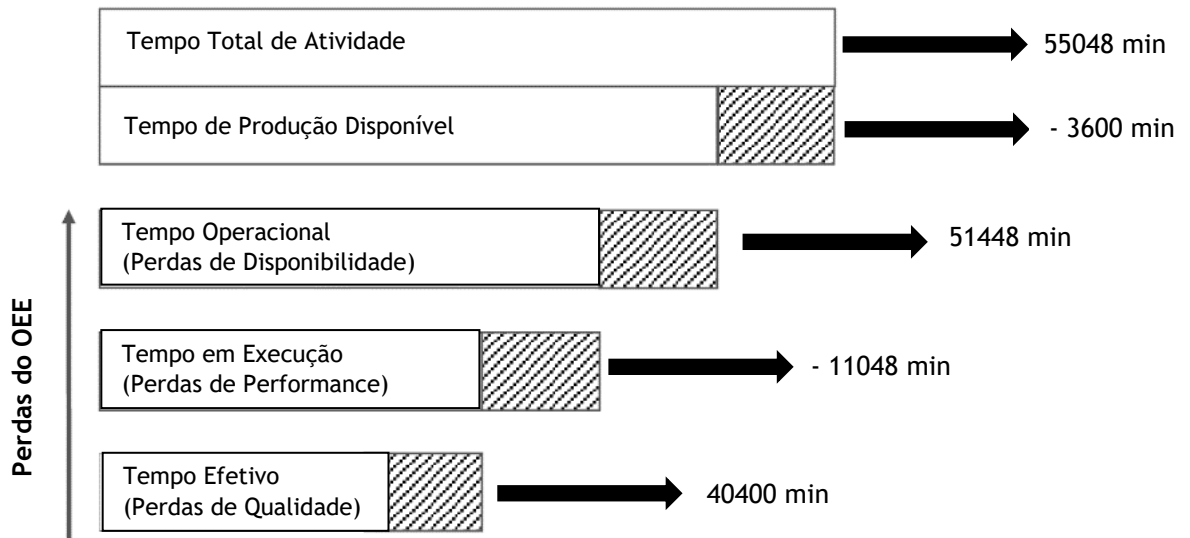


Fig. 6.3.11 - Diagrama representativo das perdas de OEE no M6

Para o M6,

$$OEE = \frac{55048 - 14648}{55048 - (5 \times 12 \times 60)} = 0.785 = 78.5\%$$

Simplificando,

$$OEE = \frac{40400}{51448} = 0.785 = 78.5\%$$

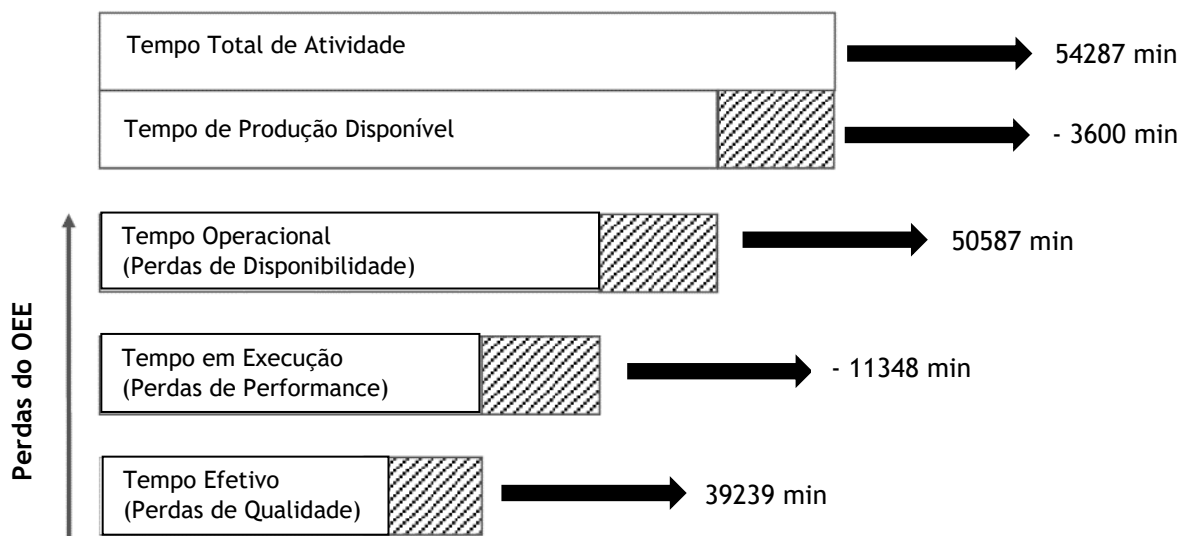


Fig. 6.3.12 - Diagrama representativo das perdas de OEE no M8

Para o M8,

$$OEE = \frac{54287 - 14948}{54287 - (5 \times 12 \times 60)} = 0.776 = 77.6\%$$

Simplificando,

$$OEE = \frac{39239}{50587} = 0.776 = 77.6\%$$

Para os cálculos anteriores, do OEE do M6 e do M8, tomou-se em conta a supressão de um turno laboral que ocorreu cinco vezes ao longo do período do estudo. Turno esse que tem a duração de 12h laborais. Essa supressão deveu-se à diminuição da procura por determinada norma do relé SRF.

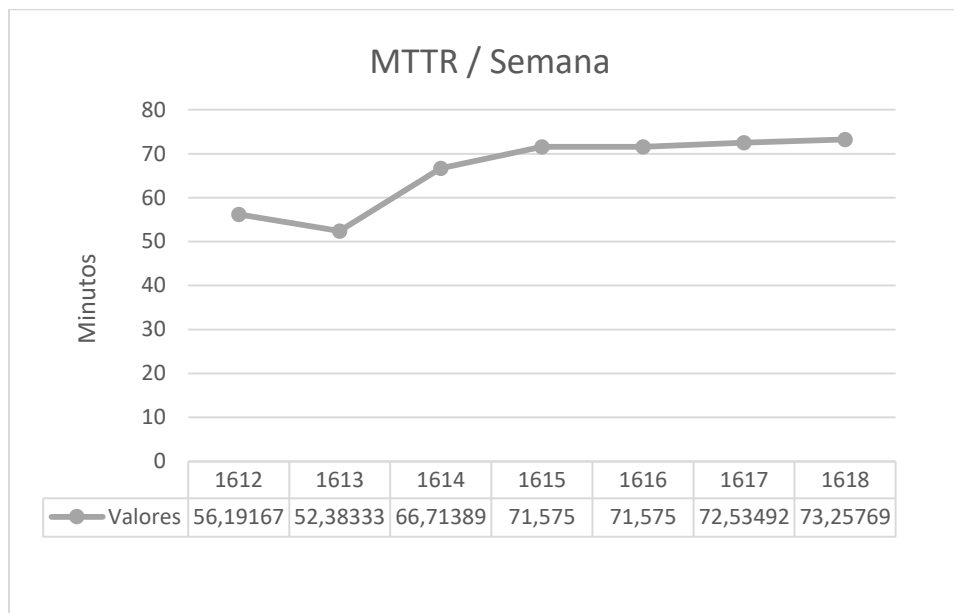


Fig. 6.3.13 - Registo do MTTR, por semana, no M6

No gráfico acima, está representado o valor, médio, referente a cada semana de análise do MTTR do módulo em questão.

Pode verificar-se que, geralmente, houve uma tendência de aumento do MTTR, que se iniciou com um valor de cerca de 56min e 12s e terminou-se com 73min e 16s. Registou-se um aumento de cerca de 30.4%.

Este valor indica que o tempo médio para ações de reparação aumentou em 30.4%.

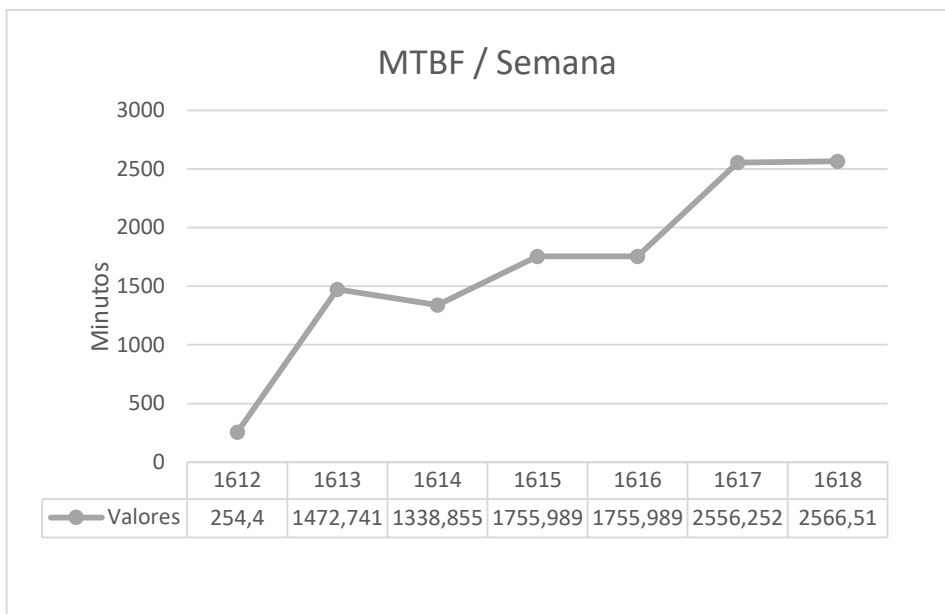


Fig. 6.3.14 - Registo do MTBF, por semana, no M6

No gráfico anterior, está representado o valor, médio, referente a cada semana de análise do MTBF do módulo em questão.

Pode verificar-se que houve uma tendência no aumento do MTBF. Iniciou-se o estudo com um valor de 254min e 24s e terminou-se com um valor de 2566min e 31s. Houve um aumento de cerca de 1009%.

Conclui-se que o tempo médio entre falhas aumentou 1009.4%.

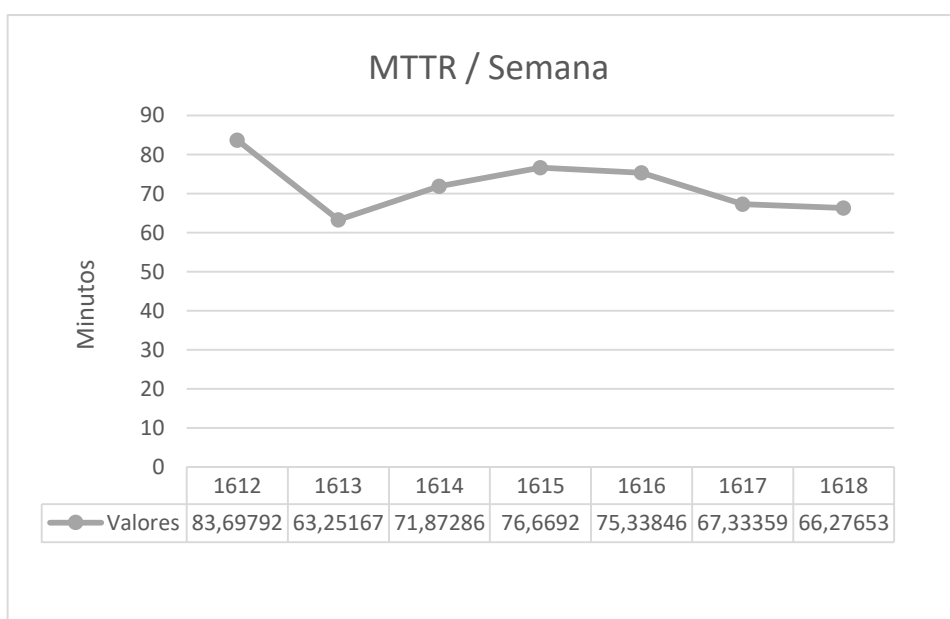


Fig. 6.3.15 - Registo do MTTR, por semana, no M8

No gráfico acima, está representado o valor, médio, referente a cada semana de análise do MTTR do módulo em questão.

Pode verificar-se alguma instabilidade no MTTR, resultando num “sobe e desce” ao longo do período em análise. Iniciou-se o processo com um MTTR de 83min e 42s e finalizou-se com o valor de 66min e 17s.

Este valor indica que o tempo médio para ações de reparação diminuiu em 20.7%.

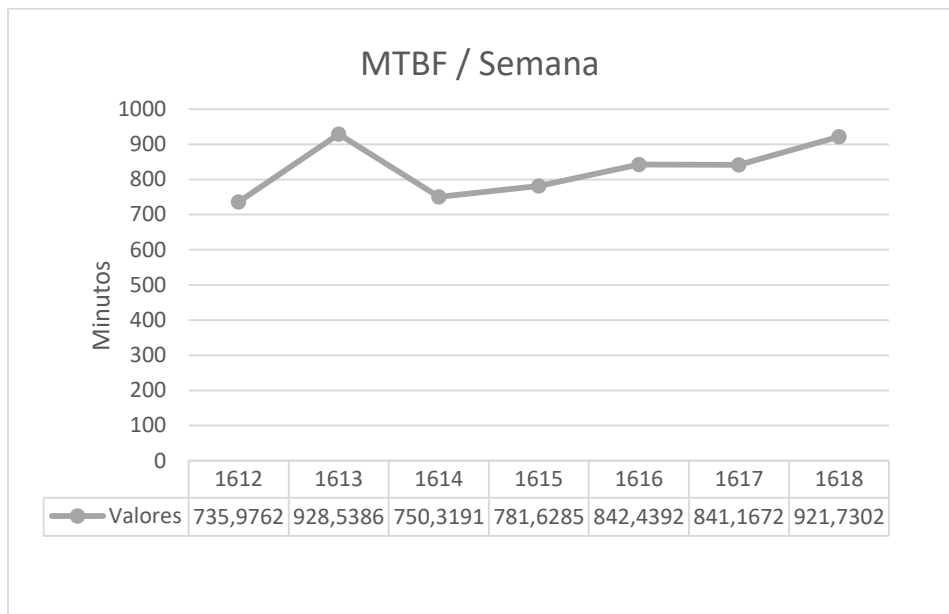


Fig. 6.3.16 - Registo do MTBF, por semana, no M8

No gráfico acima, está representado o valor, médio, referente a cada semana de análise do MTBF do módulo em questão.

Pode verificar-se que houve uma tendência no aumento do MTBF. Iniciou-se o estudo com um valor de 735min e 59s e terminou-se com um valor de 921min e 44s. Houve um aumento de cerca de 25.3%.

Conclui-se que o tempo médio entre falhas aumentou 25.3%.

Tendo como ponto de partida a indicação, por parte da empresa, que a linha 2 do SRF e mais especificamente os módulos 6 e 8, seriam os locais ideais para a realização do estudo, iniciou-se a recolha de dados.

Após umas semanas de implementação de uma nova folha de registo, criada especificamente para cada módulo, conclui-se que as estações que levantam mais problemas ao processo produtivo são as de transferência do sistema magnético com 28%, no módulo 6, estações de prensar o litze com 27%, no módulo 8, percentagens essas que figuram nas figuras 6.3.1 e 6.3.2. Embora a estação de prensar litze não seja aquela que representa a maior percentagem em termos de paragens do processo, a escolha recaiu sobre esta pois quando comparada com a estação de cortar litze, as paragens são mais demoradas

Na estação de prensar litze, a principal razão das paragens prende-se com a prensagem em si do litze, envolvendo os eléctrodos e as pastilhas, com um total de 84%, já na estação de transferência do sistema magnético, pode concluir-se que o primeiro transporte do magazine foi o que registou a maior percentagem de paragens, 42%.

Quanto à aplicação dos indicadores de manutenção, no M6 verificou-se que o tempo médio para ações de reparação aumentou em 30.4% e que o tempo médio entre falhas aumentou 1009.4% o que significa que o número de falhas decresceu significativamente enquanto o tempo de reparação aumentou.

Já no M8, o tempo médio para ações de reparação diminuiu em 20.7% e o tempo médio entre falhas aumentou 25.3%.

As ações de manutenção preventivas estão intervaladas 10 semanas e têm uma duração de execução de cerca de 11h laborais, no caso do M6; já no M8, estas têm um espaçamento de 26 semanas e é necessário todo um turno de 12h para a sua concretização.

Segundo os relatórios de turno, verifica-se que houve uma produção total de 1.139.485 peças, repartidas da seguinte forma: 865.337 peças no M6 e 274.148 peças no M8.

Com os módulos a funcionar em perfeitas condições de produção, obteve-se um *lead time* de 25peças/min para o M6 e um *lead time* de 23 peças/min para o M8.

O que os dados mostram, é que houve um total de 10557 paragens que totalizaram 493h11min para um total de tempo de atividade de 1821h15min.

Estes valores repartem-se pelos módulos 6 e 8. No módulo 6, tem-se um total de 5204 paragens, totalizando 244h08min, para um tempo total de atividade de 917h28min; já no módulo 8, obteve-se um total de 5353 paragens, com um valor de 249h03min, para um global de tempo de atividade de 904h47min. (Anexos H e I)

A utilização do *Lean Manufacturing* aliada à análise TPM permite uma otimização de resultados, que isoladamente nenhuma das filosofias conseguiria. Os eventos *Kaizen*, os 5'S, o VSM, são aqueles a que a empresa mais recorre para a melhoria do processo de produção e que após um ano de implementação permite concluir, que estão a ter resultados satisfatórios.

No entanto, existem outras duas ferramentas que seriam muito úteis para essa mesma melhoria. Propõe-se a utilização dos 5 Porquês e do SMED (*Single Minute Exchange of Died*).

Os 5 Porquês são uma ferramenta essencial para perceber o porquê da ocorrência de determinado erro. Os problemas devem ser minuciosamente avaliados, retalhando as suas causas. No caso em estudo, os dois módulos deveriam ser analisados por um grupo multidisciplinar a fim de se entender o porquê das inúmeras paragens e assim propor soluções. O SMED pode ter como precedente uma análise dos 5 Porquês e em algumas situações, como é o caso da estação de prensar litze do módulo 8, esta ferramenta seria vital para a diminuição do tempo de troca de normas. Com um sistema pré-montado e afinado, estima-se que se reduziria o tempo em cerca de 30 min o que levaria a um aumento de produção na ordem dos 750 conjuntos. Esse aumento de capacidade de produção, resultante da diminuição de tempos de paragens, aumentaria a eficiência do módulo e do módulo seguinte, que por sua vez, aumentaria a eficiência global de toda a linha de produção.

# Capítulo 7. Conclusão

A manutenção é hoje em dia, mais que nunca, uma arma fundamental para grandes empresas como a TE Connectivity, atingirem os objetivos a que se propõem.

Uma boa manutenção, bem planeada e executada, aliada à filosofia Lean é um benefício para a organização em termos de melhorias das atividades relacionadas com o processo produtivo. No entanto, verifica-se ainda alguma relutância por parte das empresas em aplicarem, a TPM, devido aos seus custos, uma manutenção que leva seguramente a aumentos de produção. Uma manutenção preventiva e programada envolve custos de material, de pessoal, de tempo e de produção.

A mudança das políticas de manutenção tradicionais, isto é, da manutenção corretiva, que é reativa, para uma política de manutenção pró-ativa apoiada por ferramentas de otimização e melhoria do desempenho da produtividade é face ao exposto difícil. Apesar das empresas terem como metas os “zero defeitos” e “zero stocks”. Os custos atrás referidos dificultam a transição para modelos de organização como a TPM

Objetivamente, o que os dados mostram é que houve um total de 10557 paragens que totalizaram 493h11min para um total de tempo de atividade de 1821h15min.

Estes valores repartem-se pelos módulos 6 e 8. No módulo 6, tem-se um total de 5204 paragens, totalizando 244h08min, para um tempo total de atividade de 917h28min; já no módulo 8, obteve-se um total de 5353 paragens, com um valor de 249h03min, para um global de tempo de atividade de 904h47min.

Algumas paragens são prolongadas no tempo. São diferentes os fatores que contribuem para a demora nas paragens entre eles a deficiente comunicação entre os departamentos de melhoria contínua e de projeto. Uma correta comunicação entre ambos leva a melhor manutenibilidade, o que por sua vez leva a menores tempos de intervenção no equipamento, devido à facilidade de execução de uma ação de manutenção, seja ela corretiva ou preventiva.

Analisados os dados no capítulo 6, chega-se então à altura das propostas de melhorias. Posto isto, propõe-se:

- Na M6, estudar a possibilidade da eliminação do duplo guiamento da garra do braço robótico, pois alguma falha de conceção ou de calibração das garras pode levar a um mau agarrar do sistema magnético do relé; Neste módulo o takt time é de 25 peças/min.

- Na M8, propõe-se a implementação de um sistema SMED (*Single Minute Exchange of Died*) na estação de prensar o litze, aquando da mudança de norma. Um sistema pré-preparado já com as respetivas pastilhas e calotes e também com a definição do diâmetro do canal (consoante o diâmetro do litze a utilizar na nova norma - 1.5, 2, 2.5 mm<sup>2</sup>). Atualmente uma mudança de norma leva pelo menos 1h30min para ser concretizada. Com este novo sistema prevê-se uma diminuição de cerca de 30min no tempo global, pois existem outras afinações a

fazer noutras estações do módulo. Tendo em conta o atual tempo de ciclo, 23peças/min, haveria um ganho de 750 conjuntos por cada troca de norma. Trocas essas que podem ocorrer várias vezes ao longo de um turno de trabalho.

Pelas razões expostas, propõe-se a utilização dos 5 Porquês e do SMED (*Single Minute Exchange of Died*).

A eficiência global dos equipamentos apresenta valores díspares. A nível interno é apresentado um valor de 78.5% para a M6 e um valor de 77.6% para a M8; já a nível teórico tem-se o valor de 46.0% para a M6 e de 50.3% para a M8. Esta diferença de valores prende-se com o facto de a empresa utilizar uma formulação própria para aferir o OEE dos equipamentos.

Com a adoção das ferramentas Lean acima referidas, SMED e 5 Porquês, aliadas à prática de uma manutenção pró-ativa, que atualmente tem um espaçamento no tempo demasiado prolongado, irão obter-se melhores resultados quer a nível de manutibilidade quer de fiabilidade dos equipamentos, bem como um aumento dos níveis de produção.

A proposta de melhoria passa pela implementação de um sistema SMED na estação de prensar litze do módulo 8, fazendo uma substituição de toda a zona de prensa (pastilhas, calotes e punção) por um conjunto já pré-afinado e montado. No módulo, na estação de transferência do sistema magnético recomenda-se a organização de um grupo multidisciplinar para analisar o porquê do sistema magnético ser, por vezes, mal colocado na base do relé. Em último caso, a adoção de um novo braço robótico, com nova tecnologia, seria o mais viável.

À parte das melhorias para os casos estudados, recomenda-se ainda à empresa um maior rigor na implementação da metodologia Lean e no acompanhamento no terreno desta, bem como uma forte aposta a nível de formação dos colaboradores na metodologia TPM.

# Bibliografia

Cabrita, C. M. P., & Silva, C. M. I. (2002). *Organização e Gestão da Manutenção Industrial*. Covilhã: Departamento de Engenharia Eletromecânica da Universidade da Beira Interior.

Cabrita, C.M.P (2003), *TPM Manutenção Produtiva Total - Teoria, Métodos, Indicadores de Desempenho*. Covilhã: Departamento de Engenharia Eletromecânica da Universidade da Beira Interior.

Cabrita, C.M.P (2007), *RCM Manutenção Centrada na Fiabilidade - Teoria, Métodos, Indicadores de Desempenho, Exercícios Práticos*. Covilhã: Departamento de Engenharia Eletromecânica da Universidade da Beira Interior.

Cheng, T. C. E.; Podolsky, S. - *Just-in-time manufacturing: an introduction*. 2ª ed. London: Chapman & Hall, 1996.

Couto, L. (2011). *Gestão Lean da Manutenção Aplicada a Equipamentos de Transporte de Granéis Sólidos*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

De Ron, A. J., & Rooda, J. E. (2006). *OEE and equipment effectiveness: an evaluation*. International Journal Of Production Research, 44(23), 4987-5003.

Dhillon, B. (2002). *Engineering and technology management tools and applications*. Norwood, Massachusetts: Artech House, Inc.

Imai, M. (2014). *Gemba Kaizen. Uma abordagem de bom senso à estratégia de melhoria contínua*. 2ªed. Porto Alegre. Bookman.

Instituto Português de Qualidade (2007). Norma Portuguesa NP EN 13306. Terminologia da Manutenção Portugal.

Lean Enterprise Institute. (2008). *Lean Lexicon: a graphical glossary for Lean Thinkers*. (4ª ed.)

Matias, B., & Ikuo, M. (2013). *Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica / An analysis of the application of indicators alternative to Overall Equipment Effectiveness (OEE) in the management of a plant's overall performance*. Production, (2), 205. doi:10.1590/S0103-65132013000200001.

Murça, V. (2012). *Aplicação da filosofia Lean na área da Manutenção*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa do Instituto Politécnico de Lisboa.

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

Ohno, T. (1997). *O sistema Toyota de Produção - Além da produção em larga escala*. Porto Alegre. Artes Médicas.

Pinto, J.P (2009). *Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras*. Lidel. 2ªed. Edições Técnicas.

Rother, M. & Shook, J. (1992). *Aprendendo a Enxergar: mapeamento o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício*. São Paulo: Lean Institute Brasil.

Sinfic (2007). *A História do Lean Manufacturing*. <http://www.sinfic.pt/SinficWeb/displayconteudo.do?numero=24869> - consultado a 10 de março de 2016.

Smith, R. (2004). *Lean Maintenance. Reduce costs, Improve Quality and increase market share*. Oxford, UK: Elsevier Butterworth-Heinemann.

Sousa, N. (2013). *Aplicação das Metodologias Lean no Serviço de Manutenção de uma Empresa Alimentar*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Stanley, S. (2011). *MTBF, MTTR, MTTF & FIT - Explanation of Terms*. IMC Networks, 1-3.

Womack, J.P., & Jones, D.T (2004). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York, EUA: Simon and Schuster.

Womack, J.P., Jones, D.T., & Roos, D. (1992). *A Máquina que mudou o Mundo*. Rio de Janeiro: 14ª ed. Campus.

# Anexos

## Anexo A - QCPC geral para o módulo 6 da linha 2 do SRF

*Análise para fins académicos*

Process Improvement Management  
QCPC-Quality Control Process Charts  
Parâmetros

Data: 5/5/16
Turno: A B C D
SRF - L2 M8

Posto/Lugar e Trabalho	Número de parâmetros							
	0-2min	2-5min	5-10min	10-15min	15-20min	20-25min	>25min	Total
<b>Turno Dia</b>								
1ª - Colocar rebites								
2ª - Estação de cortar banda								
3ª - Estação de dobragem (80°)								
4ª - Estação de dobragem (120°)								
5ª - Estação de criar âncora								
6ª - Estação de processar filete								
7ª - Estação de cortar filete					1			
8ª - Estação de soldar filete ao rebite								
9ª - Transporte da banda								
<b>Turno Noite</b>								
1ª - Colocar rebites								
2ª - Estação de cortar banda								
3ª - Estação de dobragem (80°)								
4ª - Estação de dobragem (120°)								
5ª - Estação de criar âncora								
6ª - Estação de processar filete				1		1		40
7ª - Estação de cortar filete								
8ª - Estação de soldar filete ao rebite			1			1		35
9ª - Transporte da banda								

Template Document Number: PDR\_PMSA\_PT\_BV\_QM\_001\_2 - Document Owner: TCCIA | Revision: 1 | Date: 04/10/2015



À partir dos dados de parâmetros fazer o gráfico no excel

Exercício	Comentário: especificando a lista
1º - Colocar notas	
2º - Exatidão de notas bancas	
3º - Exatidão de datas (1º)	
4º - Exatidão de datas (2º)	
5º - Exatidão de datas bancas	
6º - Exatidão de datas bancas	
7º - Exatidão de notas bancas	<p>Aluno da Póla Dançando substituiu do dia da festa por um substituto por de pois Afundou a cargo do Depto. Cultura e recreação</p>
8º - Exatidão de notas bancas	<p>problemas com notas bancas substituiu Calote, a função</p>
9º - Exatidão de notas bancas	



Escala	Conteúdo específico e TPA
1 - Colocação	
2 - Escala de controle	Bom trabalho - domínio está e descontrolado
3 - Escala de controle (10)	
4 - Escala de controle (12)	
5 - Escala de controle	
6 - Escala de controle	
7 - Escala de controle	
8 - Escala de controle	Rebate devido foi efetuado e substituição de colar
9 - Escala de controle	

# Anexo C - QCPC específico para a estação de separar mola da banda do módulo 6



Process Improvement Management  
QCPC-Quality Control Process Charts  
Paragens

Data: 04/05/2016

M6 - Estação de separar mola da banda

Dia	Número de paragens												Total
	08:30	09:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16:30	17:30	18:30	19:30	
Transporte da banda													
Transporte do sistema magnético													
Transporte da banda da mola no conjunto Matriz / Função (separação)													
Alicata de aparar a mola													
Alicata de rodar a mola													
Alicata de montar a mola													
Cilindro de colocar a haste da mola													
Noite	20:30	21:30	22:30	23:30	00:30	01:30	02:30	03:30	04:30	05:30	06:30	07:30	Total
Transporte da banda	1	1											
Transporte do sistema magnético													
Transporte da banda da mola no conjunto Matriz / Função (separação)													
Alicata de aparar a mola													
Alicata de rodar a mola													
Alicata de montar a mola													
Cilindro de colocar a haste da mola													

	Descrição da paragem
Transporte da banda	Arreia Feixada na banda
Transporte do sistema magnético	
Transporte da banda da mola no conjunto Matriz / Função (separação)	
Alicata de aparar a mola	
Alicata de rodar a mola	
Alicata de montar a mola	
Cilindro de colocar a haste da mola	

Anexo D - QCPC específico para a estação de transferência do sistema magnético do módulo 6



Process Improvement Management  
QCPC-Quality Control Process Charts  
Paragens

Data: 26/04/2016

M6 - Transferência do sistema magnético


Dia	Número de paragens												Total	
	08:30	09:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16:30	17:30	18:30	19:30		
1ª Transporte da magazine														
2ª Transporte da magazine														
Posição de repouso														
Ajantar o sistema magnético														
Deslocar o sistema magnético														
Colocar o sistema magnético na base														
Noite	20:30	21:30	22:30	23:30	00:30	01:30	02:30	03:30	04:30	05:30	06:30	07:30	Total	
1ª Transporte da magazine	11	10	10	11				11		1				12
2ª Transporte da magazine														
Posição de repouso														
Ajantar o sistema magnético														
Deslocar o sistema magnético														
Colocar o sistema magnético na base														

	Descrição de paragens
1ª Transporte da magazine	1ª Transporte magazine - Bombas mal colocadas no magazine provocaram a paragem
2ª Transporte da magazine	
Posição de repouso	
Ajantar o sistema magnético	
Deslocar o sistema magnético	
Colocar o sistema magnético na base	

Template Downloaded from: PDF24.org - PDF to PDF converter



## Anexo E - QCPC específico para a estação de prensar litze do módulo 8



Process Improvement Management  
QCPC-Quality Control Process Charts  
Paragens

Data: 16/04/2016


M8 - Estação de prensar litze

Dia	Número de paragens													Total
	08:30	09:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16:30	17:30	18:30	19:30		
Movimento descendente do eletrodo superior do cilindro						3								
Prensagem do litze						1								
- eletrodo superior														
- eletrodo inferior														
- pastilhas de sintox														
Movimento ascendente da prensa														
Noite	20:30	21:30	22:30	23:30	00:30	01:30	02:30	03:30	04:30	05:30	06:30	07:30	Total	
Movimento descendente do eletrodo superior do cilindro														
Prensagem do litze														
- eletrodo superior														
- eletrodo inferior														
- pastilhas de sintox														
Movimento ascendente da prensa														

	Descrição de paragens
Movimento descendente do eletrodo superior do cilindro	
Prensagem do litze	Prensado de litze - pastilhas com desgaste substituídas de pastilhas
Movimento ascendente da prensa	

Template Document Number: PDR\_BHEU\_PT\_EV\_GA\_005.5 Document Owner: TCCA / Família 2 - litze, Janeiro 2016

# Anexo F - QCPC específico para a estação de cravar âncora do módulo 8



Process Improvement Management  
QCPC-Quality Control Process Charts  
Paragens

Data: 04/05/2016

M8 - Estação de cravar âncora

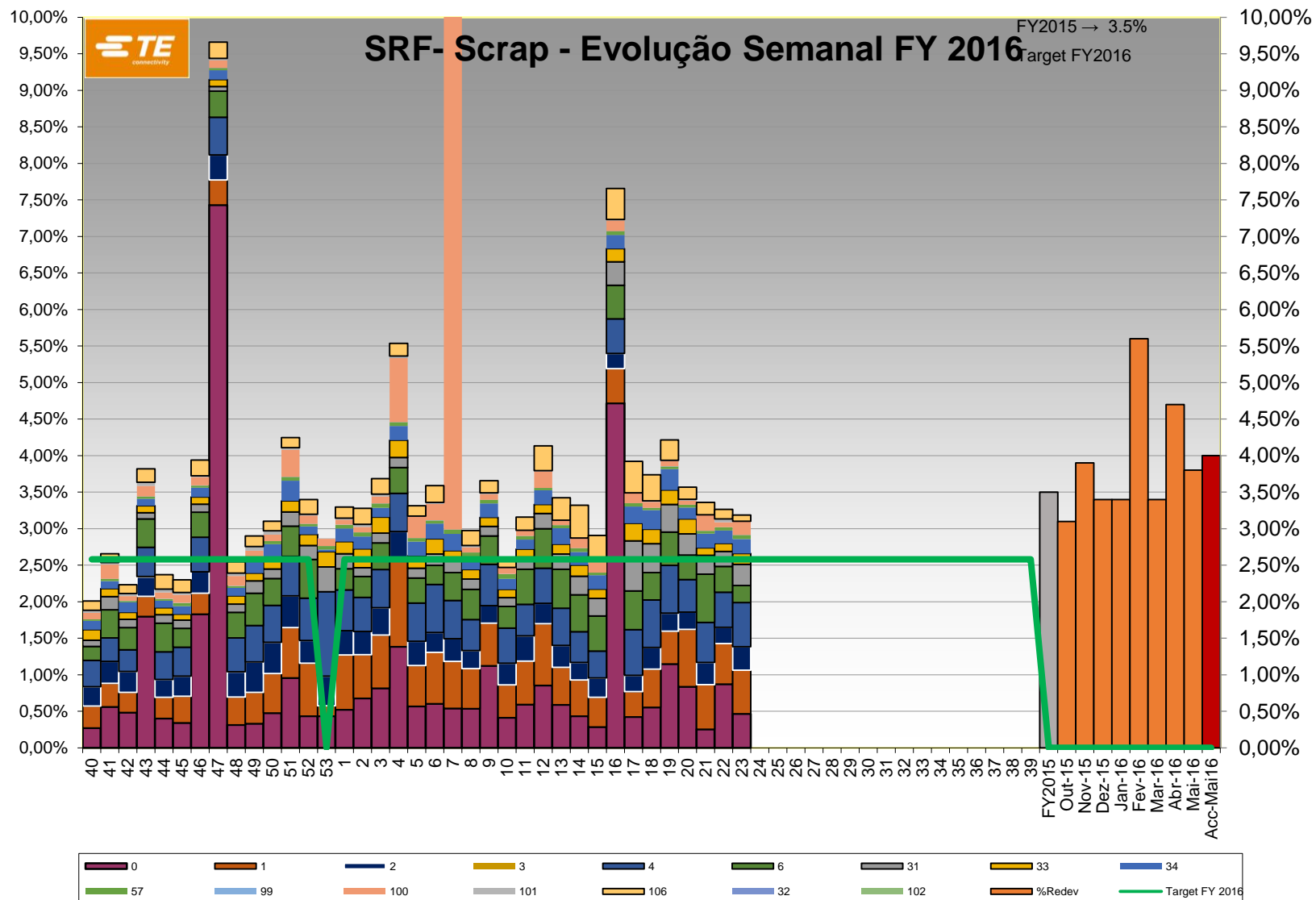
Dia	Número de paragens													Total
	08:30	09:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16:30	17:30	18:30	19:30		
Deslocação da âncora da calha para o transporte na zona de cravamento														
Colocação da âncora na posição de cravamento														
Deslocação vertical dos punções inferiores de cravamento														
Pei de existência de âncora														
Cravamento da âncora														
Regresso dos punções à posição inicial														
Noite	20:30	21:30	22:30	23:30	00:30	01:30	02:30	03:30	04:30	05:30	06:30	07:30	Total	
Deslocação da âncora da calha para o transporte na zona de cravamento	11													
Colocação da âncora na posição de cravamento														
Deslocação vertical dos punções inferiores de cravamento														
Pei de existência de âncora														
Cravamento da âncora														
Regresso dos punções à posição inicial														

	Descrição da paragem
Deslocação da âncora de calha para o transporte na zona de cravamento	
Colocação da âncora na posição de cravamento	
Deslocação vertical dos punções de cravamento	
Pei de existência de âncora	
Cravamento da âncora	
Regresso dos punções à posição inicial	

Template Document Number: FOR\_SAMA\_PT\_EN\_CA\_005\_1 Document Owner: TBGM - Revision 2 dated January 20,2018

### Anexo G - Gráfico representativo da evolução do Scrap na linha 2 do SRF





## Anexo H - Cadastro de Atividade do módulo 8

### Cadastro de Actividade da Maquina 330L02M08

### Secção 330

Secção - Maquina	Pecas	Tempo Actividade	Tempo Pausa Prevista	Tempo Paragem	Contador Paragens	DownTime	Data
330 - 330L02M08	9361	21h 09m	0h 00m	2h 50m	106	11.8%	22-03-2016
330 - 330L02M08	0	21h 11m	0h 00m	2h 48m	118	11.7%	23-03-2016
330 - 330L02M08	10659	20h 18m	0h 00m	3h 41m	72	15.4%	24-03-2016
330 - 330L02M08	8207	21h 27m	0h 00m	2h 32m	64	10.6%	25-03-2016
330 - 330L02M08	1849	12h 38m	0h 00m	11h 21m	46	47.3%	26-03-2016
330 - 330L02M08	0	0h 00m	0h 00m	23h 59m	0	99.9%	27-03-2016
330 - 330L02M08	4217	9h 45m	0h 00m	14h 14m	59	59.3%	28-03-2016
330 - 330L02M08	20759	21h 09m	0h 00m	3h 01m	147	12.6%	29-03-2016
330 - 330L02M08	19852	20h 45m	0h 00m	4h 13m	173	16.9%	30-03-2016
330 - 330L02M08	19934	20h 21m	0h 00m	3h 54m	124	16.1%	31-03-2016
330 - 330L02M08	18162	20h 51m	0h 00m	3h 33m	101	14.6%	01-04-2016
330 - 330L02M08	10903	19h 31m	0h 00m	4h 28m	129	18.7%	02-04-2016
330 - 330L02M08	0	21h 12m	0h 00m	2h 47m	86	11.6%	03-04-2016
330 - 330L02M08	0	21h 21m	0h 00m	2h 38m	89	11.0%	04-04-2016
330 - 330L02M08	0	17h 43m	0h 00m	6h 16m	243	26.1%	05-04-2016
330 - 330L02M08	0	21h 38m	0h 00m	2h 21m	81	9.8%	06-04-2016
330 - 330L02M08	0	19h 57m	0h 00m	4h 02m	156	16.9%	07-04-2016
330 - 330L02M08	6585	21h 40m	0h 00m	2h 19m	99	9.7%	08-04-2016
330 - 330L02M08	7985	18h 22m	0h 00m	5h 37m	145	23.4%	09-04-2016
330 - 330L02M08	22800	17h 52m	0h 00m	6h 07m	194	25.5%	10-04-2016
330 - 330L02M08	0	21h 02m	0h 00m	2h 57m	119	12.4%	11-04-2016
330 - 330L02M08	0	20h 59m	0h 00m	3h 00m	112	12.5%	12-04-2016
330 - 330L02M08	0	21h 46m	0h 00m	2h 13m	100	9.2%	13-04-2016
330 - 330L02M08	7661	20h 43m	0h 00m	3h 16m	98	13.6%	14-04-2016
330 - 330L02M08	0	20h 50m	0h 00m	3h 09m	97	13.2%	15-04-2016
330 - 330L02M08	9096	21h 47m	0h 00m	2h 12m	62	9.2%	16-04-2016
330 - 330L02M08	19337	20h 30m	0h 00m	3h 29m	80	14.6%	17-04-2016
330 - 330L02M08	10506	21h 17m	0h 00m	2h 42m	118	11.3%	18-04-2016
330 - 330L02M08	0	20h 13m	0h 00m	3h 46m	67	15.7%	19-04-2016
330 - 330L02M08	0	22h 44m	0h 00m	1h 15m	38	5.2%	20-04-2016
330 - 330L02M08	0	21h 32m	0h 00m	2h 27m	83	10.2%	21-04-2016
330 - 330L02M08	0	21h 33m	0h 00m	2h 26m	82	10.2%	22-04-2016
330 - 330L02M08	0	21h 01m	0h 00m	2h 58m	70	12.4%	23-04-2016
330 - 330L02M08	2753	13h 50m	0h 00m	10h 09m	51	42.3%	24-04-2016
330 - 330L02M08	7936	10h 08m	0h 00m	13h 51m	4	57.7%	25-04-2016
330 - 330L02M08	5457	20h 31m	0h 00m	3h 28m	118	14.4%	26-04-2016
330 - 330L02M08	0	21h 47m	0h 00m	2h 12m	82	9.2%	27-04-2016
330 - 330L02M08	8572	18h 35m	0h 00m	5h 24m	183	22.5%	28-04-2016
330 - 330L02M08	9928	18h 04m	0h 00m	5h 55m	298	24.7%	29-04-2016
330 - 330L02M08	0	18h 05m	0h 00m	5h 54m	277	24.6%	30-04-2016
330 - 330L02M08	11336	8h 03m	0h 00m	14h 56m	74	62.3%	01-05-2016
330 - 330L02M08	0	8h 32m	0h 00m	15h 27m	136	64.4%	02-05-2016
330 - 330L02M08	11031	19h 06m	0h 00m	4h 53m	172	20.4%	03-05-2016
330 - 330L02M08	0	21h 01m	0h 00m	2h 58m	135	12.4%	04-05-2016
330 - 330L02M08	0	21h 10m	0h 00m	2h 49m	68	11.8%	05-05-2016
330 - 330L02M08	0	21h 27m	0h 00m	2h 32m	60	10.6%	06-05-2016
330 - 330L02M08	9182	18h 30m	0h 00m	5h 29m	175	22.9%	07-05-2016
330 - 330L02M08	0	19h 44m	0h 00m	4h 15m	152	17.7%	08-05-2016
Total da Maquina: 330L02M08		904h 47m	0h 00m	249h 03m		21.6%	
Totais do Relatório:		904h 47m	0h 00m	249h 03m		21.6%	

## Anexo I - Cadastro de Atividade do módulo 6

Cadastro de Actividade da Maquina 330L02M06						Secção 330	
Secção - Maquina	Peças	Tempo Actividade	Tempo Pausa Prevista	Tempo Paragem	Contador Paragens	DownTime	Data
330 - 330L02M06	19491	22h 00m	0h 00m	1h 58m	111	8.3%	22-03-2016
330 - 330L02M06	19662	21h 30m	0h 00m	2h 29m	143	10.4%	23-03-2016
330 - 330L02M06	18590	22h 09m	0h 00m	1h 50m	58	7.6%	24-03-2016
330 - 330L02M06	18003	18h 41m	0h 00m	5h 18m	277	22.1%	25-03-2016
330 - 330L02M06	11681	12h 10m	0h 00m	11h 50m	143	49.3%	26-03-2016
330 - 330L02M06	0	2h 01m	0h 00m	22h 30m	0	91.8%	27-03-2016
330 - 330L02M06	3682	4h 26m	0h 00m	23h 27m	50	84.1%	28-03-2016
330 - 330L02M06	20026	19h 13m	0h 00m	8h 55m	102	31.7%	29-03-2016
330 - 330L02M06	19026	21h 19m	0h 00m	3h 39m	79	14.6%	30-03-2016
330 - 330L02M06	19969	22h 11m	0h 00m	1h 51m	57	7.8%	31-03-2016
330 - 330L02M06	17952	20h 38m	0h 00m	3h 20m	67	13.9%	01-04-2016
330 - 330L02M06	22976	21h 47m	0h 00m	2h 12m	85	9.2%	02-04-2016
330 - 330L02M06	25286	21h 49m	0h 00m	2h 10m	71	9.1%	03-04-2016
330 - 330L02M06	22895	21h 02m	0h 00m	2h 57m	62	12.3%	04-04-2016
330 - 330L02M06	15791	20h 32m	0h 00m	3h 27m	124	14.4%	05-04-2016
330 - 330L02M06	22275	21h 25m	0h 00m	2h 34m	160	10.7%	06-04-2016
330 - 330L02M06	23458	22h 02m	0h 00m	1h 57m	62	8.2%	07-04-2016
330 - 330L02M06	13491	18h 43m	0h 00m	4h 16m	96	17.8%	08-04-2016
330 - 330L02M06	19185	20h 48m	0h 00m	3h 11m	47	13.3%	09-04-2016
330 - 330L02M06	22742	21h 43m	0h 00m	2h 16m	96	9.5%	10-04-2016
330 - 330L02M06	21076	22h 06m	0h 00m	1h 53m	86	7.9%	11-04-2016
330 - 330L02M06	21211	21h 35m	0h 00m	2h 24m	95	10.0%	12-04-2016
330 - 330L02M06	21970	19h 52m	0h 00m	4h 07m	84	17.2%	13-04-2016
330 - 330L02M06	18056	21h 15m	0h 00m	2h 44m	76	11.4%	14-04-2016
330 - 330L02M06	22643	21h 49m	0h 00m	2h 10m	91	9.1%	15-04-2016
330 - 330L02M06	21484	21h 40m	0h 00m	2h 19m	150	9.7%	16-04-2016
330 - 330L02M06	18891	20h 41m	0h 00m	3h 18m	84	13.8%	17-04-2016
330 - 330L02M06	18495	21h 40m	0h 00m	2h 19m	93	9.7%	18-04-2016
330 - 330L02M06	19162	20h 44m	0h 00m	3h 15m	74	13.6%	19-04-2016
330 - 330L02M06	20733	21h 29m	0h 00m	2h 30m	105	10.5%	20-04-2016
330 - 330L02M06	27770	21h 47m	0h 00m	2h 12m	85	9.2%	21-04-2016
330 - 330L02M06	21569	21h 05m	0h 00m	2h 54m	89	12.1%	22-04-2016
330 - 330L02M06	20760	20h 18m	0h 00m	3h 41m	105	15.4%	23-04-2016
330 - 330L02M06	10672	13h 21m	0h 00m	10h 38m	56	44.4%	24-04-2016
330 - 330L02M06	7948	8h 45m	0h 00m	15h 14m	20	63.5%	25-04-2016
330 - 330L02M06	17967	20h 39m	0h 00m	3h 20m	156	13.9%	26-04-2016
330 - 330L02M06	19538	20h 55m	0h 00m	3h 04m	164	12.8%	27-04-2016
330 - 330L02M06	19218	20h 03m	0h 00m	3h 56m	134	16.5%	28-04-2016
330 - 330L02M06	20315	18h 39m	0h 00m	5h 20m	53	22.2%	29-04-2016
330 - 330L02M06	7843	21h 26m	0h 00m	2h 33m	52	10.6%	30-04-2016
330 - 330L02M06	11601	10h 04m	0h 00m	13h 55m	61	58.0%	01-05-2016
330 - 330L02M06	6563	10h 08m	0h 00m	13h 51m	71	57.7%	02-05-2016
330 - 330L02M06	19710	19h 10m	0h 00m	4h 49m	136	20.1%	03-05-2016
330 - 330L02M06	6429	19h 24m	0h 00m	4h 35m	167	19.1%	04-05-2016
330 - 330L02M06	23472	21h 46m	0h 00m	2h 13m	99	9.3%	05-05-2016
330 - 330L02M06	23270	19h 56m	0h 00m	4h 03m	125	16.9%	06-05-2016
330 - 330L02M06	17886	19h 17m	0h 00m	4h 42m	182	19.6%	07-05-2016
330 - 330L02M06	23044	20h 24m	0h 00m	3h 35m	144	15.0%	08-05-2016
Total da Maquina: 330L02M06		917h 28m	0h 00m	244h 08m		21.0%	
Totais do Relatório:		917h 28m	0h 00m	244h 08m		21.0%	