







Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Nuno Miguel Pereira da Cruz

Implementação de ferramentas  
*Lean Manufacturing* no processo de  
injeção de plásticos

Tese de Mestrado  
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao  
Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do  
Professor Doutor José Dinis Araújo Carvalho

## DECLARAÇÃO

Nome: Nuno Miguel Pereira da Cruz

Correio electrónico: nunocruz4@gmail.com

Tlm.: 964824767

Número do Bilhete de Identidade:13435247

Título da dissertação:

Implementação de ferramentas Lean Manufacturing no processo de injeção de plásticos

Ano de conclusão: 2013

Orientador:

Professor Doutor José Dinis Araújo Carvalho

Designação do Mestrado:

Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Escola de Engenharia

Departamento de Produção e Sistemas

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Guimarães, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer aos meus orientadores, professor Dinis Carvalho e Eng. Serafim Oliveira pelo acompanhamento e disponibilidade demonstrados ao longo do trabalho.

Ao Eng. João Torrinha pela oportunidade de realizar este projeto na empresa COPEFI.

Ao Miguel Barroso pelo apoio e ambiente de trabalho proporcionado durante o trabalho efetuado na empresa.

Aos meus pais por me proporcionarem a oportunidade de concluir mais uma etapa académica.

Agradeço também de forma especial ao meu filho e à minha namorada pelo apoio e pela motivação que me transmitiram para concluir este projeto.

Muito Obrigado!



## RESUMO

Num mercado cada vez mais competitivo, e perante os problemas económicos atuais, é necessário que as empresas apostem na melhoria dos seus processos produtivos. Produzir cada vez mais, com menos recursos e de forma mais rápida e eficiente, são os desafios de todas as empresas que pretendem permanecer no mercado.

A abordagem *Lean Manufacturing* apresenta-se como um importante modelo de gestão cujo objetivo é criar valor, eliminando todos os desperdícios de modo a envolver a empresa numa cultura de melhoria contínua e orientação para o cliente.

O presente trabalho tem como objetivo reduzir custos e aumentar a produtividade do sistema produtivo da empresa de injeção de plásticos COPEFI Part, Lda. através da implementação de algumas metodologias adjacentes ao paradigma do *Lean Manufacturing*.

O projeto iniciou-se com a análise e diagnóstico do sistema produtivo da empresa, para isso recorreu-se ao *Waste Identification Diagram* (WID) como ferramenta para identificação e análise de desperdícios, e à implementação da ferramenta dos 5S e organização do sistema produtivo com o objetivo de melhorar os processos e o fluxo de informação da empresa.

Como resultado, devido às melhorias implementadas, foi possível melhorar o sistema produtivo da empresa através da redução dos desperdícios, que motivaram a execução desta dissertação, tornando a empresa mais competitiva no mercado.

## PALAVRAS-CHAVE

*Lean Manufacturing*, desperdícios, plásticos





## **ABSTRACT**

On an increasingly competitive market, and before present economic problems, it is necessary for enterprises to invest on their productive system. Produce more, with fewer resources, in the fastest and more efficient manner are common challenges for this entities to remain competitive.

The *Lean Manufacturing* approach presents itself as an important management model in which objective is to create value by eliminating waste. It involves the enterprise in a continuous improvement culture and orientates it for the clients' needs.

The present project has as objective to reduce costs and increase productivity of the productive system of an plastic injection enterprise, COPEFI Part, Lda., with the implementation of some methodologies connected to the *Lean Manufacturing* paradigm.

This project started with the enterprise's productive system analysis and diagnosis. For that matter it was used the *Waste Identification Diagram* (WID) as identifying and analysis toll for the waste. It was also implemented the 5S and production system organization methodologies with the intent of improving this enterprise's productive processes and information flow.

As a result from them implemented improvements, it was possible to improve the enterprise's productive system by reducing its wastes, which motivated the compilation of this dissertation and bringing the enterprise to a higher competitive level.

## **KEYWORDS**

Lean Manufacturing, wastes, plastic



## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract .....	vii
Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tabelas.....	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos .....	xv
1. Introdução .....	17
1.1 Enquadramento.....	17
1.2 Objetivos.....	18
1.3 Metodologias de Investigação .....	18
1.4 Estrutura do relatório .....	19
2. Revisão bibliográfica .....	21
2.1 História do <i>Toyota Production System</i> (TPS) .....	21
2.2 Princípios do <i>Lean Manufacturing</i> .....	22
2.3 Os sete tipos de desperdícios .....	23
2.4 A aplicação do <i>Lean Manufacturing</i> .....	25
2.5 Ferramentas do <i>Lean Manufacturing</i> .....	25
2.5.1 <i>Kaizen</i> .....	25
2.5.2 Metodologia 5S .....	26
2.5.3 Single Minute Exchange of Die (SMED) .....	27
2.5.4 Value Stream Mapping (VSM) .....	29
2.5.5 Standard Work.....	29
2.5.6 Ciclo PDCA.....	30
2.5.7 Gestão Visual .....	31
2.5.8 Total Quality Management (TQM) .....	31
2.5.9 Total Productive Maintenance (TPM) .....	32
2.5.10 Waste Identification Diagram (WID).....	32
3. Descrição da Empresa.....	35
3.1 Identificação da Empresa.....	35
3.2 Missão, Visão e Princípios .....	35
3.3 Descrição do processo .....	37

3.3.1	O Molde.....	37
3.3.2	Máquina de injeção .....	39
3.3.3	Processo de injeção .....	40
4.	Descrição e análise do sistema produtivo .....	43
4.1	Descrição do fluxo produtivo .....	43
4.2	Waste Identification Diagram.....	44
4.3	Identificação de problemas .....	48
5.	Apresentação de propostas de melhoria.....	51
5.1	Implementação da metodologia dos 5S .....	51
5.2	Organização da informação .....	55
5.3	Estudo de implementação de terminais nos postos de trabalho.....	57
6.	Conclusões .....	61
	Referências Bibliográficas .....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Os 7 tipos de desperdícios (Lima, 2009).....	24
Figura 2 - Guarda-chuva KAIZEN (Imai, 1986).....	26
Figura 3 - Metodologia SMED desenvolvida por Shingo (1989) .....	28
Figura 4 - Ciclo PDCA.....	31
Figura 5 - Bloco do WID.....	33
Figura 6 - Setas do WID.....	33
Figura 7 - Molde para Injeção de plásticos .....	37
Figura 8 - Esquema de um molde.....	38
Figura 9 - Estrutura de um molde de injeção de plásticos .....	38
Figura 10 - Unidades funcionais da máquina de injeção .....	39
Figura 11 - Layout da COPEFI .....	43
Figura 12 - Fluxo de materiais .....	44
Figura 13 - WID do processo em estudo.....	45
Figura 14 - Gráfico da utilização da MDO .....	46
Figura 15 - Gráfico da despesa da utilização da mão-de-obra .....	47
Figura 16 - Gráfico do objetivo da despesa em mão-de-obra .....	48
Figura 17 - "Carrinho das ferramentas" desorganizado .....	49
Figura 18 - "Carro das ferramentas" antigo.....	52
Figura 19 - Carro durante a restauração .....	52
Figura 20 - Ferramentas desnecessárias presentes no "carrinho".....	53
Figura 21 - Gaveta das chaves de Umbraco .....	54
Figura 22 - Gaveta das Hastes de Extração.....	54
Figura 23 - Gaveta das chaves de boca e chaves de fenda .....	54
Figura 24 - Percurso antes da organização da informação.....	56
Figura 25 - Percurso depois da organização da informação.....	56
Figura 26 - Terminal .....	58
Figura 27 - Terminais por posto de trabalho .....	58



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Despesa com Operários.....	47
Tabela 2 - Utilização da mão-de-obra.....	47
Tabela 3 - Regras de organização do carro das ferramentas .....	55
Tabela 4 - Despesa com impressão e transcrição das ordens de fabrico.....	57
Tabela 5 - Custo de aquisição dos terminais .....	59





## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

MDO	Mão-de-Obra
MP	Matéria-prima
PDCA	Plan, Do, Check, Act
SMED	Single Minute Exchange of Die
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Production System
TQM	Total Quality Management
TC	Tempo de Ciclo
TT	Takt Time
WID	Waste Identification Diagram
WIP	Work-In-Process
DP	Departamento de Produção
DQ	Departamento de Qualidade



## 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo faz-se o enquadramento do projeto desenvolvido, que tem como base a implementação de ferramentas *lean manufacturing* na organização da produção. Será também apresentado o objetivo do projeto, a metodologia de investigação que foi seguida no decorrer deste trabalho, e por último, a estrutura do relatório.

### 1.1 Enquadramento

Num mercado cada vez mais competitivo, é necessário que as empresas apostem na melhoria dos seus processos produtivos com o objetivo de responder de forma mais rápida e eficaz às necessidades do mercado, mantendo a qualidade dos produtos, e baixando o custo dos mesmos (Alves, 2007). Hoje em dia as empresas enfrentam o desafio de produzir mais, com menos recursos, de forma mais rápida e eficiente.

Os sistemas de produção podem ser melhorados de várias formas, uma das formas de melhorar o desempenho da organização é através da eliminação de desperdícios. São considerados como desperdícios todas as tarefas que não acrescentam valor ao produto para o cliente (Ortiz, 2006).

Atualmente, as empresas estão a aplicar as ferramentas do *lean manufacturing* com o objetivo de eliminar os desperdícios e consequentemente baixando os custos de produção.

O *lean manufacturing* reconhece sete tipos de desperdícios, sendo eles: sobreprodução, sobreprocessamento, elevados inventários, movimentações, transportes, esperas e os defeitos (Ohno, 1988).

O *lean manufacturing* tem várias ferramentas associadas, algumas dessas ferramentas visam identificar os desperdícios presentes nos sistemas de produção, duas dessas ferramentas são o *Value Stream Mapping* (VSM) e o *Waste Identification Diagram* (WID). Após a elaboração destes diagramas é possível avaliar e planear quais as ferramentas a aplicar com o intuito de reduzir ou eliminar os desperdícios encontrados.

Por sua vez, existem outras ferramentas associadas ao *lean manufacturing* que tem como objetivo melhorar o desempenho das empresas, tais como o *Kaizen*, *5S*, *Single Minute Exchange of Die* (SMED), *Standard Work*, entre outros. *Kaizen* significa melhoria contínua, pressupõe que haja melhoria contínua dos processos das empresas, e é um dos pilares do paradigma do *lean manufacturing*. Por sua vez, os *5S* e a gestão visual são ferramentas que tem como objetivo organizar o espaço de trabalho, e torna-lo mais intuitivo e simples. O

SMED tem como objetivo reduzir o tempo de Setup, ou seja, o tempo de preparação das máquinas para a elaboração de um novo produto. O Standard Work por sua vez visa reduzir as variações do tempo de execução de determinado conjunto de tarefas através da determinação de um padrão para a execução das mesmas.

Este trabalho foi desenvolvido na COPEFI Part, Lda. que é uma empresa que se insere no ramo da indústria de injeção de plásticos. A COPEFI, tal como quase todas as empresas nacionais, tem sentido dificuldades devido à crise económica que o país e a Europa estão a atravessar, no entanto têm-se tentado adaptar sempre às exigências do mercado, e tem conseguido obter bons resultados. O principal destino dos produtos da COPEFI é a indústria automóvel e visto que neste sector existe uma elevada concorrência, a COPEFI procura desenvolver nos seus colaboradores a necessidade de melhoria constante dos seus processos produtivos com o objetivo de manter a sua competitividade no mercado.

A empresa sentiu a necessidade de identificar possíveis formas de melhorar o seu desempenho e competitividade para poder lidar melhor com o mercado cada vez mais difícil. Neste contexto, uma dissertação de mestrado focada na identificação de soluções para melhorar o desempenho surgiu como um importante passo na direção da competitividade.

## 1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é analisar, diagnosticar e melhorar o fluxo de informação e a organização do sistema de produção da empresa COPEFI Part, Lda. recorrendo à aplicação das ferramentas que fazem parte da filosofia *lean manufacturing*. Especificamente, os objetivos deste trabalho são:

- Identificar desperdícios;
- Reduzir movimentações;
- Reduzir o tempo de mudança de molde;
- Aumentar a produtividade;
- Simplificar o fluxo de informação;

O objetivo final será a elaboração de propostas de melhoria para o sistema em análise, e, se possível implementar essas mesmas melhorias.

## 1.3 Metodologias de Investigação

A metodologia de investigação tem como objetivo auxiliar o desenvolvimento do projeto de investigação, desde a sua fase inicial, em que há a formulação do tema, até à sua

conclusão, que coincide com a escrita do relatório. O processo de investigação divide-se, normalmente, nas seguintes fases: formulação do tópico, revisão literária, planeamento da investigação, recolha e análise de dados, e por fim, a escrita do relatório (Tereso, 2010).

No âmbito desta dissertação, a metodologia aplicada foi a metodologia Investigação-Ação. Esta estratégia foi utilizada por Lewin em 1946. Esta metodologia pressupõe que a aprendizagem ocorra por um processo iterativo e envolve 4 fases (O'Brien, 1998):

- Diagnóstico – recolha e análise de dados para identificar eventuais desperdícios, neste caso através da criação do diagrama de identificação de desperdícios, o *Waste Identification Diagram* (WID);
- Planeamento – planear quais as ferramentas associadas à filosofia *Lean* que se devem aplicar de maneira a reduzir os desperdícios encontrados;
- Implementação – aplicar as ferramentas planeadas;
- Avaliação – avaliar os resultados conseguidos através da implementação das ferramentas *Lean* implementadas.

A aplicação de princípios do paradigma *Lean* na indústria de injeção de plásticos, permitirá responder à seguinte questão:

- **A aplicação de princípios Lean poderá reduzir ou eliminar os desperdícios da organização e aumentar a produtividade da mesma?**

#### 1.4 Estrutura do relatório

O presente relatório é composto por seis capítulos. No primeiro capítulo destina-se à introdução do trabalho, o enquadramento, os objetivos e a metodologia de investigação adotada para a realização do mesmo.

No segundo capítulo é apresentada a revisão literária sobre a filosofia *lean manufacturing* focando sobretudo as ferramentas que estão afetas à realização deste trabalho.

No terceiro capítulo apresenta-se a empresa onde foi efetuado este trabalho.

No quarto capítulo é descrito a situação atual do sistema produtivo. É também apresentada a análise efetuada através da ferramenta do *Waste Identification Diagram* (WID).

No quinto capítulo, são apresentadas as propostas de melhoria com o objetivo de minimizar os problemas identificados, aumentando assim o desempenho do sistema produtivo.

E, por último, no sexto capítulo são apresentadas as conclusões da dissertação, e ainda apresentam-se algumas sugestões para desenvolver em trabalhos futuros.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo tem como objetivo rever e analisar os conceitos associados à filosofia do *Lean Manufacturing*, pois serve como base teórica para a elaboração da presente dissertação. Por isso, será feita uma apresentação da origem do pensamento Lean, os seus princípios, e quais as metodologias no qual esta filosofia se assenta.

Por último, irá ser apresentado um tipo de diagrama para a identificação de desperdícios, o *Waste Identification Diagram* (WID). O WID tem vindo a ser desenvolvido pelos investigadores da Universidade do Minho, e mesmo não estando diretamente associado ao *Lean*, o seu conceito está de acordo com os princípios defendidos por esta teoria.

### 2.1 História do *Toyota Production System* (TPS)

As teorias e conceitos aplicados neste projeto surgiram após a Segunda Guerra Mundial, na Toyota Motor Company, que tinha adotado um sistema de produção designado por Toyota Production System (TPS). Este sistema surgiu devido à necessidade de melhorar o sistema de produção e os produtos, pois estes apresentavam baixa qualidade e a Toyota não estava a conseguir acompanhar as empresas europeias e norte-americanas que nessa altura lideravam os mercados e possuíam determinados recursos que a Toyota não possuía. Nessa altura, a indústria automóvel era sobretudo uma indústria de produção em massa. Este tipo de produção baseava-se numa linha de montagem contínua que permitia fabricar um elevado número de automóveis a baixo custo e com elevadas taxas de produtividade. No entanto, esta indústria não permitia uma diversidade dos produtos, Henry Ford disse uma frase célebre, relativamente ao Ford T, que demonstra isso mesmo. Ford disse “O carro está disponível em qualquer cor, contanto que seja preto.”. Outra desvantagem deste tipo de produção é que como os processos de fabrico não eram flexíveis, a empresa sentia grandes dificuldades em se adaptar às necessidades do mercado, pois para fazer qualquer modificação no produto, era necessário modificações na linha de produção, o que se tornaria bastante dispendioso. Contudo, a Toyota necessitava de melhorar os seus processos e não seria vantajoso utilizar a produção em massa como modo de fabrico, pois o mercado Japonês não era suficientemente grande para conseguir “escoar” as grandes quantidades de produtos resultantes da produção em massa, por isso tinha de ir mais além e estudar outra alternativa.

Após a Segunda Guerra Mundial, o Japão estava numa situação crítica pois tinha perdido a guerra e todo o país estava destruído, encontrando-se o país sem poder de compra, e a Toyota não era exceção pois partilhava a mesma situação, isto é, não tinha recursos para

competir com os líderes mundiais. Dada esta situação, Eijii Toyoda viajou até aos Estados Unidos para analisar o modelo de produção aí implementado, e verificou que este se encontrava estagnado, sem grandes evoluções, e que apresentava algumas lacunas.

Após o regresso ao Japão, Eijii Toyoda atribuiu a função de colocar a produtividade da Toyota ao nível da Ford a Taiichi Ohno. Ohno tinha o conhecimento de como funcionava o sistema produtivo da Ford, e com base nele começou a desenvolver um sistema para a Toyota, que foi denominado por Toyota Production System (TPS) (Liker, 2004).

## 2.2 Princípios do *Lean Manufacturing*

O conceito de *Lean* foi introduzido primeiramente por Womack et al. (1990), com o intuito de descrever a filosofia e práticas de trabalho dos fabricantes de automóveis Japoneses, mais concretamente o sistema da Toyota, denominado por *Toyota Production System* (TPS). Esta filosofia estava orientada para uma melhoria contínua dos processos e para a focalização de meios e métodos necessários para promover essas melhorias. Com isto, pode-se dizer que esta filosofia tem como principal objetivo a eliminação de desperdícios e consequentemente unir as etapas que realmente acrescentam valor ao produto. Mais tarde, em 1996, este conceito foi formalizado de forma mais extensa, e assim foi descrito como tendo cinco princípios-chave:

- 1. Identificar o Valor** – Definir, na perspetiva do cliente, o que é Valor. Sendo que este Valor deriva da necessidade do cliente, e as empresas necessitam de determinar que necessidade é essa, e devem procurar satisfazê-la cobrando o preço que o cliente está disposto a pagar, pois só assim se conseguirá manter no mercado (Hines et al., 2010).
- 2. Identificar Cadeia de Valor** – Identificar as diferentes atividades para a fabricação do produto, podendo dividir estas em três categorias: atividades que acrescentam valor; atividades que não acrescentam valor, contudo são fundamentais para a manutenção dos processos e qualidade, e por último, as atividades que não tem qualquer valor associado, sendo denominadas por desperdícios. Após esta caracterização, deve-se eliminar o quanto antes as atividades consideradas desperdício.
- 3. Estabelecer o Fluxo de Contínuo** – Definir o fluxo de produção contínuo, sem paragens e inventários. O efeito imediato desta criação pode ser verificado na redução dos tempos de conceção dos produtos, processamentos de pedidos e inventários,



capacitando a empresa de uma resposta mais rápida e eficaz para as necessidades do mercado (Pinto, 2008).

4. **Produção Pull** – Produzir o produto apenas quando o cliente o pretender, ou seja, o cliente é que pede o produto, e não é a empresa a “empurrar” o produto para o cliente. Desta forma pode-se reduzir eventuais inventários e há um aumento da mão de obra disponível.
5. **Obter a Perfeição** – Focar todos os esforços da empresa na busca da perfeição, procurando a eliminação de desperdícios e criando valor, ou seja, aplicando a melhoria contínua, também denominada por *Kaizen*.

A introdução do *Lean Thinking* nas unidades industriais baseia-se na identificação e eliminação de desperdícios, por isso pressupõe-se que este aspeto seja primeiramente bem compreendido. A partir deste pressuposto pode-se avançar para as várias ferramentas associadas ao *Lean*. Algumas das técnicas usualmente utilizadas pelas empresas são o *Kaizen*, o *Single Minute Exchange of Die* (SMED), os 5S, o *Value Stream Mapping* (VSM), *Six Sigma*, entre outras. Estas técnicas têm como objetivo eliminar desperdícios e promover a melhoria nas mais diversas áreas. Contudo deve-se inicialmente compreender o que é definido como desperdício para a indústria.

### 2.3 Os sete tipos de desperdícios

De acordo com Ohno (1988) os desperdícios são todas as atividades que utilizam recursos mas que não contribuem para aumentar o valor do produto vendido ao cliente. Os desperdícios existem em qualquer tipo de organização, e apesar de não acrescentar valor ao produto podem fazer com que o cliente pague mais pelo produto (Carreira, 2005).

Para se identificar os tipos de desperdícios presentes numa empresa, é preciso conhecer bem todos os processos, e definir quais são aqueles que acrescentam valor ao produto e os que não acrescentam valor. As atividades que acrescentam valor são todas aquelas que fazem com que o produto contenha as características desejadas pelo cliente, por sua vez, todas as restantes atividades são consideradas como desperdício, ou atividades que não acrescentam valor (Ortiz, 2006).

Para Ohno (1988) existem sete tipos de desperdícios nos sistemas de fabrico, sendo eles:

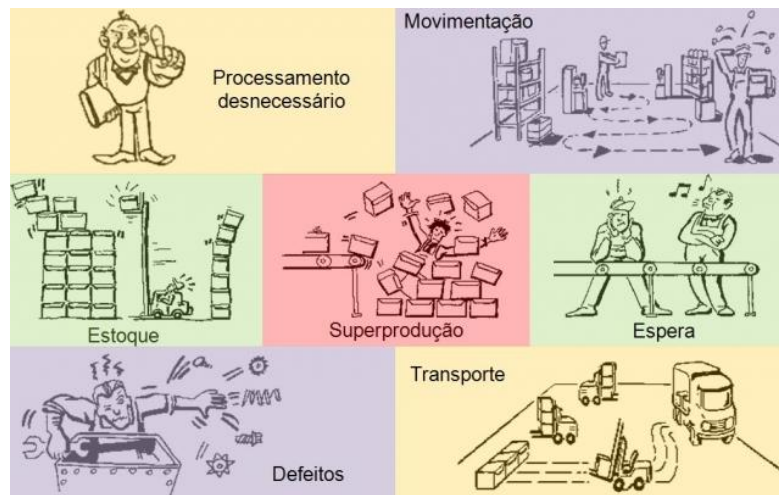


Figura 1 - Os 7 tipos de desperdícios (Lima, 2009)

1. **Sobreprodução** – Ocorre quando são produzidos mais produtos que os programados. Este excesso de produção poderá levar ao aumento dos custos de posse dos artigos em *stock*, vão ser desperdiçados os recursos e poderá levar a um aumento dos transportes.
2. **Movimentação** – Refere-se aos movimentos realizados desnecessariamente pelos operadores. Estas movimentações por vezes derivam de *layout's* mal estruturados.
3. **Transportes** – Aqui englobam-se as movimentações para transportar matéria-prima, e produtos, quer produtos acabados ou por terminar. Elevados transportes significa que poderá haver desperdícios de tempo e recursos.
4. **Esperas** – Este tipo de desperdício é um pouco mais fácil de visualizar pois é relativo ao período em que os recursos estão efetivamente parados, isto é, não estão a processar. As esperas poderão ocorrer devido à falta de matéria-prima, avarias nas máquinas, ou mesmo pelo processo que a máquina está a executar, e o operador está à espera que esta termine. Nesta situação poderá ser vantajoso colocar o operador a realizar outro tipo de tarefas, de forma a aumentar a produtividade do mesmo.
5. **Sobreprocessamento** – São operações adicionais que não acrescentam valor ao produto final, isto é, são operações de retrabalho, reprocessamento.
6. **Inventários** – Referem-se aos inventários de matéria-prima, produto acabado e em processamento. Elevados inventários implicam elevadas áreas de armazenamento, logo terá de haver maior investimento para os manter. Isto por vezes também oculta outros problemas da organização, tais como, elevados tempos de setup, retrabalho, atrasos nas entregas, avarias dos equipamentos, entre outros.
7. **Defeitos** – é definido por defeito todos os produtos que não estão de acordo com os requisitos do cliente. Este é um dos desperdícios bem visíveis na indústria, e a este

estão associados vários tipos de perdas, isto é, perdas monetárias devido ao custo dos materiais, de mão-de-obra, maquinaria, movimentações e transportes desnecessários, armazenamento, entre outros.

Para além destes sete desperdícios enumerados, foi identificado por Womack e Jones (1996) um oitavo desperdício. Este relaciona-se com a subutilização das pessoas, isto é, as empresas por vezes não aproveitam completamente os seus recursos humanos, perdendo ideias criativas e melhorias para aplicar no seu processo produtivo.

## 2.4 A aplicação do *Lean Manufacturing*

Na última década, os princípios *Lean* têm-se tornado bastante populares e têm sido aplicados nos mais variados processos de produção, deixando portanto de ser apenas “exclusivo” da indústria automóvel e aeroespacial, passando a ser parte integrante das pequenas e médias empresas de manufatura e da indústria da construção. O pensamento *Lean* tem obtido sucesso junto das empresas, pois a sua filosofia está centrada na empresa, isto é, está direcionada para uma melhoria contínua, aumento da produtividade, maior qualidade, e uma gestão melhorada. Dado todo este entusiasmo junto desta metodologia, as universidades e as empresas têm-se juntado para investigar a aplicação desta filosofia para além da área de produção, isto é, nos processos de suporte à produção, como por exemplo os processos administrativos.

## 2.5 Ferramentas do *Lean Manufacturing*

Neste subcapítulo, tem-se como objetivo fazer uma breve descrição das técnicas que fazem parte da filosofia Lean Production, sendo que algumas delas fazem parte deste projeto também.

### 2.5.1 *Kaizen*

A metodologia Kaizen é um dos pilares da filosofia *Lean* (Green et al., 2010). Kaizen é um termo japonês que significa melhoria contínua. A metodologia Kaizen procura eliminar desperdícios de forma contínua e gradual, com o intuito de aumentar a produtividade, sendo que a sua meta é a obtenção da perfeição. Para esta metodologia funcionar na sua plenitude é necessário que haja envolvimento e dedicação de todos os colaboradores da empresa. Kaizen não é uma técnica que atua de forma independente, é uma técnica que engloba todas as técnicas de melhoria e faz a ligação entre cada ferramenta. Imai (1986) disse que “Kaizen é

um guarda-chuva que abrange todas as técnicas de melhoria, unindo-as de maneira harmoniosa para tirar o máximo proveito do que cada uma oferece” (Figura 2).



Figura 2 - Guarda-chuva KAIZEN (Imai, 1986)

Resumidamente, o *Kaizen* caracteriza-se por dez princípios, sendo eles:

- Abandonar as ideias fixas, rejeitar o estado atual das coisas;
- Em vez de explicar o que não pode ser feito, refletir como fazer;
- Realizar de imediato as boas propostas de melhoria;
- Não procurar a perfeição, ganhar 60% de imediato;
- Corrigir o erro de imediato, no local;
- Procurar ideias na dificuldade;
- Procurar a causa real, respeitar os “5 Porquês?” e procurar depois a solução;
- Levar em conta as ideias de 10 pessoas em vez de esperar uma ideia genial de uma pessoa;
- Experimentar e depois validar;
- A melhoria é infinita.

### 2.5.2 Metodologia 5S

A sigla 5S deriva das iniciais de 5 palavras japonesas: Seiri, Seiton, Seison, Seiketsu e Shitsuke.

#### **Seiri (Separar)**

Inicialmente é preciso definir qual o material é necessário para a realização das operações referentes ao posto de trabalho, por sua vez o material que é considerado desnecessário deve ser descartado do posto de trabalho.

### **Seiton (Arrumar)**

Após a eliminação do material desnecessário, deve-se proceder à organização dos materiais que são efetivamente necessários. A organização dos materiais consiste na identificação de cada um desses materiais, e a alocação a um lugar específico para tornar fácil a “procura” do material.

### **Seison (Limpar)**

O terceiro “S” resume-se à limpeza do local de trabalho. Esta operação ajuda a manter o local de trabalho limpo e agradável para os operadores. Para ocorrer esta limpeza é necessário munir o posto de trabalho com material de limpeza necessário.

### **Seiketsu (Normalizar)**

Nesta etapa, pretende-se normalizar os procedimentos de limpeza, e definir normas para se manter todas as alterações conseguidas até este ponto. Neste ponto deve-se aplicar as melhorias conseguidas a todos os postos de trabalho de modo a uniformizar toda a organização.

### **Shitsuke (Manutenção)**

Por último, nesta fase pretende-se garantir que os quatro “S” anteriores estão a ser cumpridos, para isso poderá recorrer-se a auditorias periódicas. Esta é uma das etapas mais difíceis de implementar dado que por norma as pessoas são resistentes à mudança, e neste caso precisam de fazer uma mudança da rotina.

#### 2.5.3 Single Minute Exchange of Die (SMED)

SMED é uma das ferramentas (métodos) da produção Lean para reduzir desperdícios de produção. Este método permite de forma rápida e eficiente modificar o produto de uma linha de produção. Esta técnica é também conhecida por *Quick Changeover*. A mudança de forma rápida e eficiente da ferramenta está cada vez mais a ser desenvolvida por parte das empresas. Estas técnicas permitem uma maior flexibilidade por parte da organização, pois conseguem responder prontamente às mudanças do mercado. Para além disso pode-se também reduzir custos.

O SMED foi inicialmente desenvolvido por Shigeo Shingo (Shingo, 1985). Shingo aquando do desenvolvimento do método, estabeleceu que existiam duas categorias de operações de *Setup*, o *Setup Interno* e o *Setup Externo*. Fazem parte do *Setup Interno* todas as

operações que apenas podem ser efetuadas com a máquina parada. Por sua vez, o *Setup Externo* engloba todas as operações que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento.

Segundo Shingo, o método deve ser aplicado de forma faseada, sendo que as etapas que compõem o método são apresentadas na figura seguinte, e descritas posteriormente.

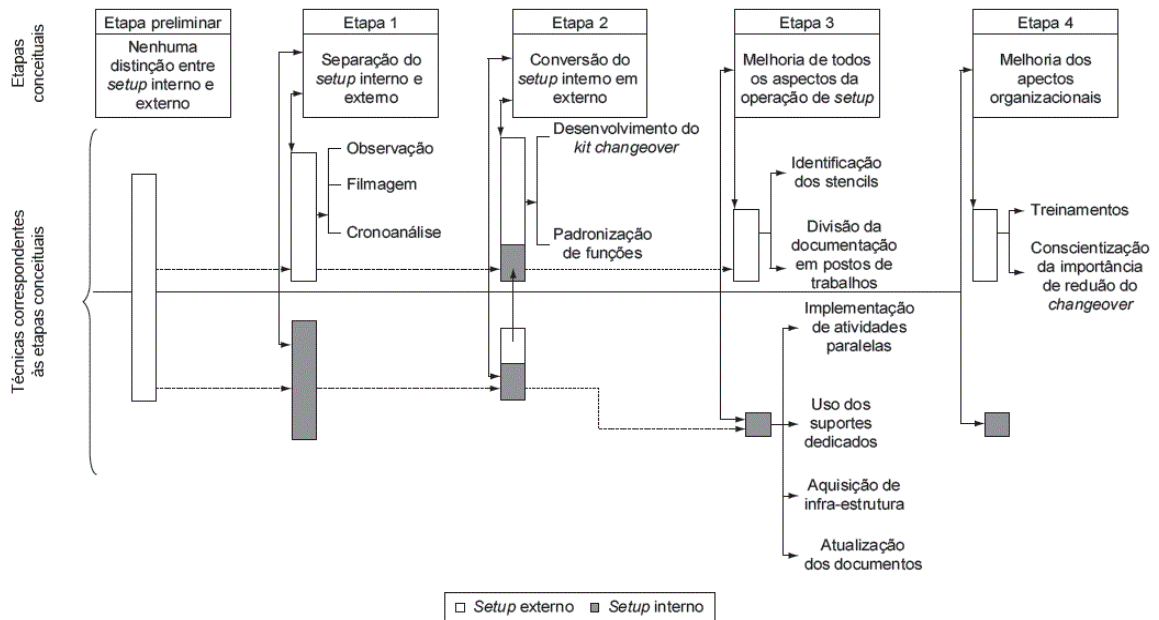


Figura 3 - Metodologia SMED desenvolvida por Shingo (1989)

**Etapa Preliminar** – Nesta fase não existe distinção entre operações internas e externas. O processo de *changeover* é desorganizado e não planejado. Apenas é efetuado a observação do procedimento atual.

**Etapa 1** – Nesta etapa o objetivo consiste na separação de *Setup Interno* e *Setup Externo*. Nesta fase são utilizadas *checklist* para auxiliar o processo, e evitar que ocorram desperdícios causados por erros operacionais. É efetuado um levantamento dos materiais necessários para a realização do trabalho. Deve-se organizar todas as ferramentas, posicionando-as nos locais determinados.

**Etapa 2** – É efetuada a conversão de *Setup Interno* em *Setup Externo*, para isso são analisadas todas as atividades, com o objetivo de encontrar eventuais tarefas que possam ser efetuadas como *Setup Externo*. Deve-se criar um standard dos parâmetros, assim evita-se desperdício de tempo para ajustar o *changeover*.

**Etapa 3** – Esta etapa consiste na implementação de melhorias com o objetivo de diminuir o tempo do *Setup Externo*. É a etapa que engloba mais gastos monetários através da aquisição de materiais que irão auxiliar o *changeover*.

**Etapa 4** – Após as etapas anteriores deve-se criar procedimentos para as tarefas em questão, e instruir todas as pessoas que estão diretamente relacionadas com os processos.

#### 2.5.4 Value Stream Mapping (VSM)

O *Value Stream Mapping* (VSM) é uma das ferramentas *lean manufacturing*, e tem como função ajudar a distinguir as atividades que acrescentam valor no sistema de produção. É a representação de toda a cadeia de valor da organização, desde a entrada de matérias-primas até à entrega do produto ao cliente. É sobretudo uma ferramenta de planeamento, pois serve para identificar desperdícios e conceber soluções para os eliminar.

O VSM pode representar dois tipos de fluxos da unidade produtiva, o fluxo de material, e o fluxo de informação. Representa ainda, a linha de tempo que permite observar os tempos de espera e transporte entre operações, e também dados sobre o número de operários, tempos de *setup*, e WIP, estes dados são denominados por dados quantitativos.

Esta ferramenta pressupõe a realização de dois mapas, o primeiro que descreve o estado atual, e o segundo, o estado futuro da organização, ou seja, o estado desejável. Após a elaboração destes dois mapas, executa-se um plano de trabalho que visa atingir o estado pretendido.

O VSM é uma ferramenta útil para a identificação de desperdícios, no entanto apresenta algumas limitações, tais como a dificuldade em representar vários produtos de fluxos diferentes, não possui indicadores financeiros, como por exemplo o custo de operação, despesas com stock, entre outros, não faz a apresentação do *layout*, não demonstra problema de transporte e filas de espera (Nogueira, 2010).

#### 2.5.5 Standard Work

O Standard Work pressupõe que todos os colaboradores façam as tarefas de igual modo, isto é, executando as tarefas seguindo os mesmos procedimentos. Esta ferramenta certifica que as tarefas demoram o mesmo tempo a ser executadas independentemente do operador que está a efetuar o trabalho. (Pinto, 2008).

O Standard Work tem como objetivo diminuir a variabilidade de tempos em que é executado o trabalho, sem que para isso seja comprometida a qualidade dos produtos tal como em qualquer outra ferramenta do *Lean Manufacturing*.

Esta ferramenta é uma das bases para o Kaizen, contudo não é das ferramentas mais utilizadas. Através da aplicação deste conceito, consegue-se uma melhoria contínua mais eficaz, pois é mais fácil avaliar e melhorar um conjunto de tarefas que estão sequencialmente distribuídas do que melhorar um conjunto de tarefas que são realizadas de forma aleatória.

Para a implementação do Standard Work é necessário identificar e definir quais as melhores sequências de trabalho a executar. Seguidamente deve-se documentar todas essas atividades que proporcionam uma melhor forma de efetuar o trabalho. Posteriormente deve-se distribuir esses documentos pelos postos de trabalho adjacentes, e formar os colaboradores para efetuar as tarefas de acordo com o padrão definido como o mais eficaz e eficiente.

#### 2.5.6 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA tem como objetivo agilizar e clarificar o processo de resolução de problemas das organizações.

A sigla PDCA significa:

- **Plan** – Nesta etapa deve-se estabelecer metas e identificar as causas que poderão impedir a concretização das mesmas, com o intuito de criar um plano de ação para a resolução de problemas.
- **Do** – Nesta etapa são realizadas todas as atividades que tinham sido planeadas na etapa anterior
- **Check** – Após a execução do plano estipulado, é necessário verificar os resultados obtidos e comparar com os resultados que seriam esperados.
- **Act** – Após a análise dos resultados obtidos, é necessário atuar sobre o plano executado, melhorando-o se necessário, ou promovendo uma melhoria dos processos.





Figura 4 - Ciclo PDCA

A aplicação do ciclo PDCA é uma das ferramentas que está diretamente relacionadas com o Kaizen, pois tem como base a melhoria contínua dos processos.

#### 2.5.7 Gestão Visual

A gestão visual pode ser considerada um sistema de planeamento e controlo do sistema produtivo, e tem como objetivo tornar o posto de trabalho mais simples e intuitivo, reduzindo ou evitando eventuais desperdícios. Assim, toda a organização pode tomar conhecimento do desenrolar dos trabalhos sem necessitar de questionar algum operador em específico.

Outra característica deste sistema é que dá informação acerca dos procedimentos de trabalho para a realização de tarefas, desde a ordem sequencial das tarefas até ao tipo de ferramentas utilizadas (Fujimoto, 1999).

Este sistema permite identificar mais rapidamente os desperdícios visto que é feita uma observação contínua e mais próxima dos processos.

#### 2.5.8 Total Quality Management (TQM)

O Total Quality Management (TQM) tem como princípio a criação e promoção da qualidade em todas as pessoas da organização, isto é, todos os colaboradores têm de estar focados em atingir o máximo de qualidade nos seus produtos.

O TQM está focado na satisfação do cliente, e no desenvolvimento do produto de acordo com as necessidades dos mesmos.

O TQM utiliza algumas ferramentas para auxiliar o seu processo de gestão da qualidade, são exemplos dessas ferramentas:

- Diagrama de causa-efeito (Ishikawa);
- Benchmarking;
- Análise de Pareto;

#### 2.5.9 Total Productive Maintenance (TPM)

Este conceito foi introduzido por Nakajima (1988) e tem como objetivo eliminar desperdícios, reduzir o número de paragens não planeadas das máquinas, garantir a qualidade dos produtos e reduzir custos.

O TPM pressupõe que seja efetuada uma manutenção preventiva de todos os aparelhos, e para isso conta com o envolvimento de todos os colaboradores da organização, pois como tem vindo a ser descrito aqui, o envolvimento de todos os colaboradores é um dos fatores de sucesso de qualquer ferramenta da filosofia *Lean*, sendo que o TPM não é exceção.

O TPM tem como objetivo tirar o máximo rendimento dos aparelhos, para isso é realizado um plano de trabalho para os aparelhos, em que consta o seu tempo de funcionamento e as paragens planeadas para reparações e manutenções.

#### 2.5.10 Waste Identification Diagram (WID)

O Waste Identification Diagram (WID) é um diagrama que permite obter informação sobre os fluxos de materiais dentro da unidade produtiva. O WID utiliza dois tipos de símbolos para representar o sistema produtivo, isto é, utiliza blocos e setas para apresentar os indicadores do sistema. Os blocos dão informação acerca do Takt Time (TT), Tempo de Ciclo (TC), Tempo de Setup e WIP. O Takt Time representa o tempo que o mercado pede uma unidade de produto à empresa. O Tempo de Ciclo corresponde ao tempo que demora a sair um produto da máquina. O Tempo de Setup por sua vez representa o tempo que demora a preparar a máquina para a produção de um produto diferente. As setas por sua vez dizem respeito ao esforço de transporte. Na figura seguinte é apresentado o bloco do WID.

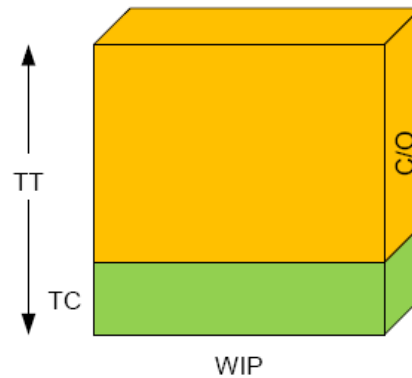


Figura 5 - Bloco do WID

A altura total do bloco corresponde ao Takt Time (TT) e a altura parcial (parte verde) corresponde ao Tempo de Ciclo (TC) do processo em análise. A largura do bloco corresponde ao Work In Process (WIP) antes do processo, e por fim, a profundidade do bloco dá informação sobre o tempo de Setup. As dimensões do bloco devem ser representadas à escala para se conseguir obter informação visual sobre as mesmas. Um exemplo de informação que se pode retirar desta representação é se o processo é crítico ou não. Se o processo for considerado crítico, a área verde (TC) cobrirá quase a totalidade a área amarela (TT). (Sá et al.,2011).

Na figura seguinte são apresentados os símbolos que representam o esforço de transporte existente entre cada processo/posto de trabalho.

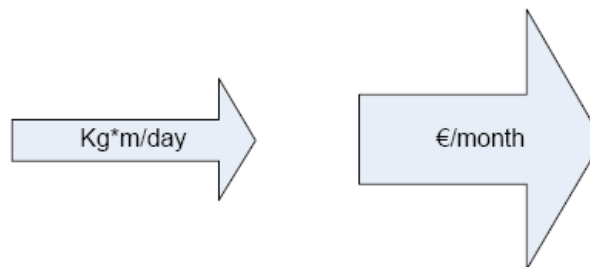


Figura 6 - Setas do WID

Estas setas consoante o esforço de transporte poderão ser maiores ou menores, esforço de transporte maior implica a representação por uma seta mais larga, enquanto que um esforço menor implica uma seta mais estreita, o comprimento por sua vez não dá informação sobre o esforço do transporte.

Como se pode ver pela figura 6, o esforço de transporte pode tomar várias unidades. Geralmente, é calculado o esforço de transporte nas unidades que são mais convenientes para o processo.



### **3. DESCRIÇÃO DA EMPRESA**

Neste capítulo será descrita a empresa onde decorreu o trabalho da dissertação, essa empresa designa-se por COPEFIPart, Lda., e será descrito um pouco da sua história, a sua filosofia, e a forma como se encontra organizada.

#### **3.1 Identificação da Empresa**

A COPEFIPart, Lda. é uma PME (pequena e média empresa) Portuguesa situada em Braga, e com outra unidade industrial na Roménia. É uma empresa fornecedora de componentes e módulos em plástico para a indústria automóvel.

Em Portugal, deu início à sua atividade no ano de 2001, e três anos mais tarde iniciou a produção na Roménia.

Atualmente, a COPEFI emprega mais de 50 trabalhadores, e apresenta uma posição competitiva no mercado, pois faz uma aposta forte na qualidade dos seus produtos e na exportação dos seus artigos.

A COPEFIPart, Lda. é essencialmente uma empresa exportadora pois grande parte do seu volume de negócios deriva das exportações.

#### **3.2 Missão, Visão e Princípios**

##### **Missão**

A COPEFI tem como missão ser uma empresa fornecedora de componentes e módulos em plástico para a indústria automóvel, em respeito com o meio ambiente.

##### **Ambição**

- Ser um Grupo com uma intervenção internacional
- Desenvolver tecnologia e know-how em soluções e módulos para a indústria automóvel
- Ser um parceiro credível e ser excelente no serviço prestado ao cliente
- Ser um local de trabalho que permita o bem-estar dos seus colaboradores e que seja um fator de desenvolvimento da comunidade onde se insere
- Ser rentável para poder desenvolver e implementar os objetivos que a COPEFI se propõem
- Ser uma empresa de baixo impacto no meio ambiente
- Cumprir os requisitos de Cliente, legais e outros aplicáveis

## **Valores e Princípios**

**Cientes** – responder com integridade, lealdade e sentido de responsabilidade aos nossos clientes, cumprindo os acordos legais e estabelecidos

**Qualidade** - sermos ambiciosos na perseguição do objetivo da Qualidade Total

**Ambiente** – prevenir a poluição e controlar todos os aspetos ambientais significativos (resíduos, consumos de recursos e matérias-primas) por forma a garantir a eficiência/eficácia da organização.

**Melhoria Contínua** – perseverança, sentido crítico, capacidade de análise e de decisão, no desenvolvimento da melhoria contínua

**Colaboradores** – valorização dos nossos colaboradores, porque deles depende o sucesso de todos. Desenvolver uma cultura de trabalho onde se valorize:

- Trabalho em equipa e participação de todos
- Capacidade de desenvolver competências e do grau de autonomia
- Formação contínua
- Partilha do conhecimento, comunicação e informação
- Dinâmica, dedicação, motivação e camaradagem
- Entendimento da cultura social da empresa e respeito pelas normas internas
- Responsabilidade social, ecológica e pela higiene, saúde e segurança de todos os outros
- Valorização e reconhecimento pelo trabalho desenvolvido

**Liderança** – Estabelecimento e cumprimento da estratégia da empresa pela Gerência da empresa, estabelecimento e cumprimento dos objetivos dos departamentos pelos respetivos Chefias. Envolvimento e participação de todos nos objetivos da empresa.

**Fornecedores** – serem parceiros da COPEFI, tanto no cumprimento dos acordos, como no desenvolvimento do serviço e do produto

**Produto** – sermos capazes de melhorar o produto, seja pelo processo, seja pela solução, para aumento do grau de satisfação dos nossos clientes

**Comunidade** – sermos íntegros na nossa conduta e sermos responsáveis pelo impacto social, económico e ambiental na comunidade onde nos inserimos

### 3.3 Descrição do processo

Neste capítulo serão dadas algumas informações sobre o que é o processo de injeção de plásticos, e quais os componentes que interferem no processo, isto é, molde e máquina.

#### 3.3.1 O Molde

Por definição, diz-se que um molde é um modelo oco no qual se introduz matéria líquida ou semilíquida, e que quando solidifica toma a mesma forma. É uma ferramenta capaz de produzir diversos produtos com diferentes formas geométricas.

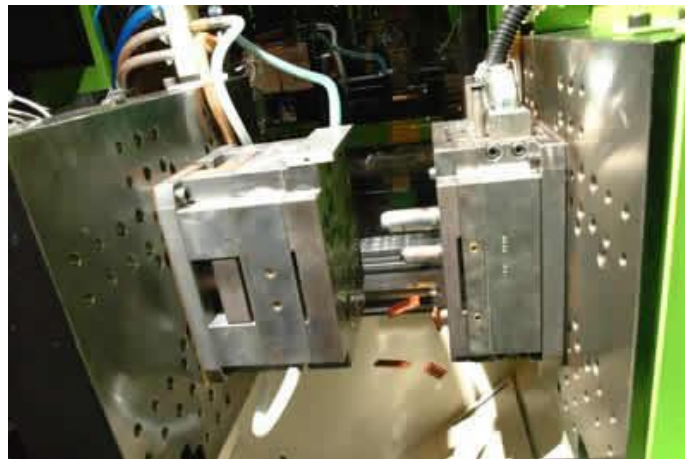


Figura 7 - Molde para Injeção de plásticos

O molde é uma unidade que deverá:

- Produzir peças de qualidade;
- Necessitar do mínimo de manutenção durante o tempo em que opera;
- Produzir peças com o menor tempo de ciclo possível;
- Facilitar o arrefecimento do material;
- Assegurar que as peças terão sempre as mesmas dimensões;
- Permitir que as cavidades encham com o mesmo volume de material;
- Permitir a extração das peças.

Geralmente, o molde é constituído por duas matrizes, a fêmea ou cavidade, e o macho ou também designado por bucha, e tem ainda outros componentes como mostra a figura seguinte.

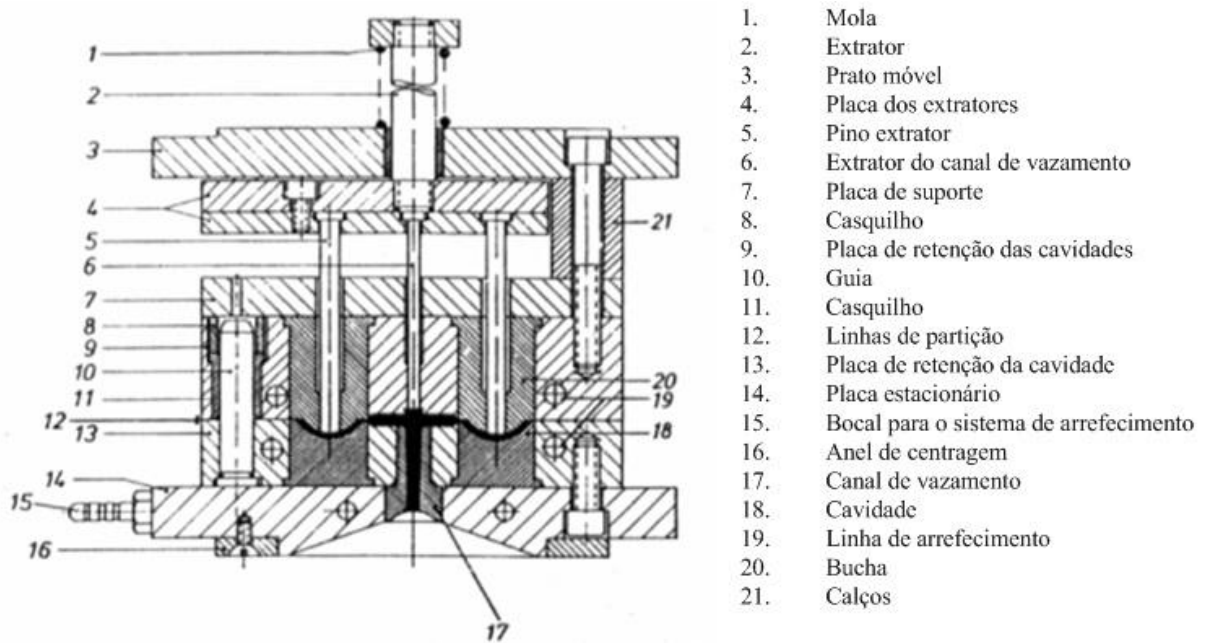


Figura 8 - Esquema de um molde

Seguidamente será apresentada uma nova figura em que é demonstrado o conjunto de placas que compõe o molde.

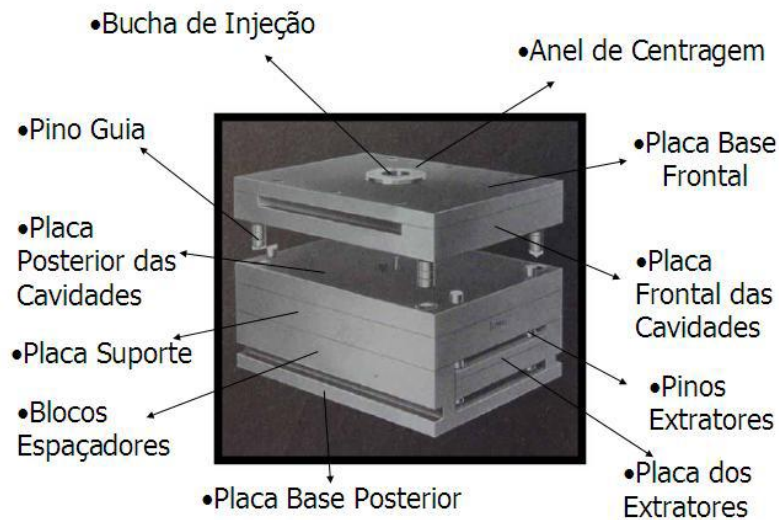


Figura 9 - Estrutura de um molde de injeção de plásticos

Como se pode observar pelas imagens, o molde é uma unidade bastante complexa, e constituído por vários sistemas funcionais, sendo eles:

- Zona moldante – espaço definido pela cavidade e pela bucha, é o que determina a forma das peças;
- Sistema de centragem – tem duas funções, permitir a montagem do molde na máquina, e ajustar o molde, garantindo que as peças terão as mesmas dimensões;



- Sistema de alimentação – faz a passagem do material do cilindro da máquina até à zona moldante;
- Sistema de escape de gases – permite que o ar existente na zona moldante seja expelido para o exterior, possibilitando que a zona moldante seja preenchida pelo material;
- Sistema de controlo da temperatura – ajuda no arrefecimento das peças;
- Sistema de extração – permite a extração das peças

### 3.3.2 Máquina de injeção

Existem dois tipos de máquinas de injeção, a máquina de êmbolo/pistão e a máquina de parafuso (fuso).

Os dois tipos de máquinas de injeção são semelhantes na sua constituição, a diferença reside na unidade de plasticização, enquanto na máquina de êmbolo a plasticização faz-se num cilindro aquecido, na máquina de fuso, em vez do êmbolo tem um fuso. O fuso tem o movimento de rotação que é acionado por um motor hidráulico ou elétrico, por sua vez, o movimento de avanço é assegurado por um motor hidráulico. Geralmente, as máquinas de injeção de êmbolo apresentam baixa produtividade e não se consegue obter produtos de elevada qualidade.

Apesar de serem máquinas diferentes, as unidades funcionais constituintes são idênticas, por isso de seguida será apresentado as funções das unidades funcionais que compõe a máquina de injeção.

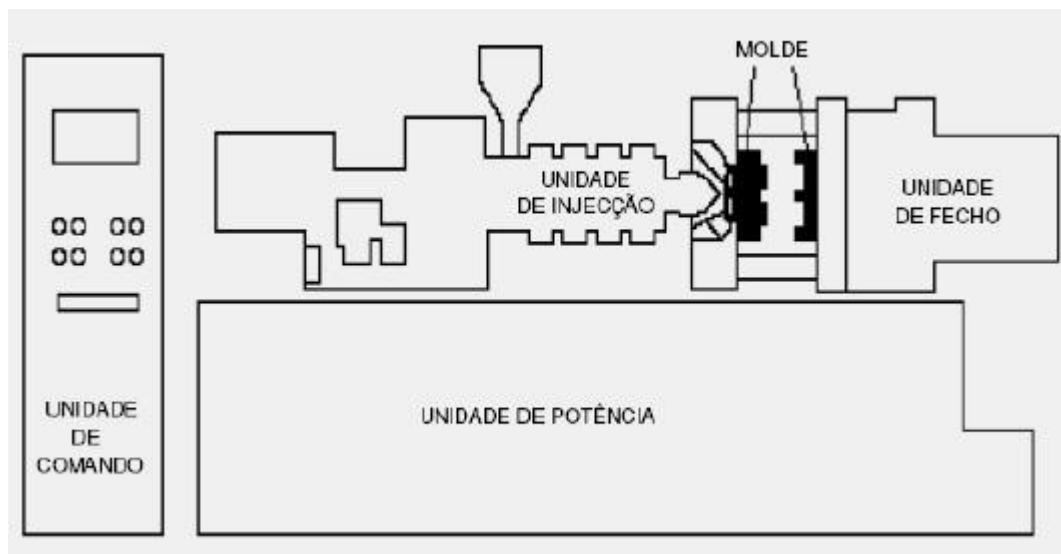


Figura 10 - Unidades funcionais da máquina de injeção

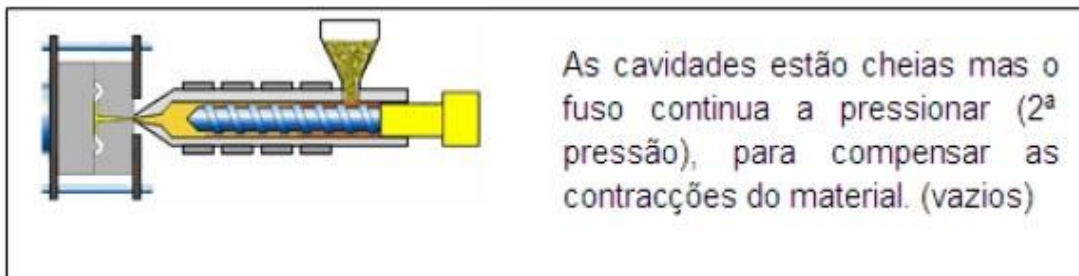
### 3.3.3 Processo de injeção

O processo de injeção é um processo cíclico e está dividido em 4 etapas:

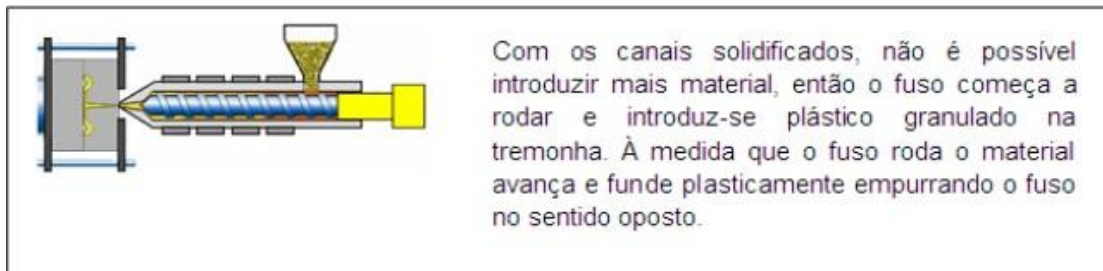
1. Fecho – o ciclo inicia-se com o fecho do molde



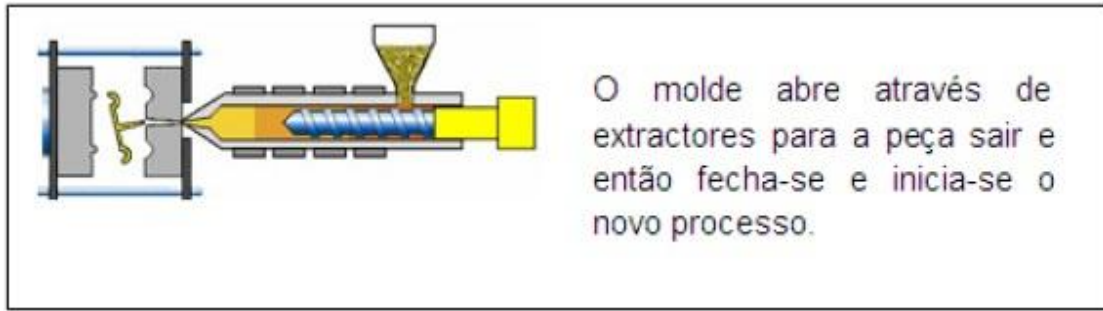
2. Injeção – o fuso da máquina avança e injeta o material fundido no molde



3. Pressurização – o fuso continua com a injeção de material de modo a aumentar a pressão no molde para compensar a contração do material



4. Extração – consiste na abertura do molde e extração da peça. A peça pode ser extraída por extratores mecânicos, pneumáticos, hidráulicos, entre outros, podendo mesmo ser extraída através de um processo manual, no entanto não é um método que ocorra frequentemente.



O processo de injeção de plásticos é um processo complexo pois depende de um elevado número de parâmetros. A qualidade das peças a fabricar depende do conhecimento e controlo dessas variáveis. Existem três tipos de parâmetros, sendo eles:

- 1. Processo** – são determinados durante a fase de concepção do molde. Quando é necessário alterar os parâmetros, após a concepção do molde, o molde tem de voltar à fase de produção para ser implementadas essas alterações estruturais.
- 2. Material** – são determinadas de acordo com as exigências do cliente e depende da peça a produzir
- 3. Operatórios** – são os parâmetros controlados pelo operador e são os mais suscetíveis da ocorrência de erros e conseqüentemente existência de defeitos nas peças. Estes parâmetros são determinados durante a fase de teste do molde, no entanto podem ser alterados, se necessário, sempre que o molde seja introduzido na máquina com o intuito de fazer pequenas alterações no processo. As variáveis que compõem estes parâmetros são as pressões, as velocidades, as temperaturas, os tempos e os volumes de material.



## 4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DO SISTEMA PRODUTIVO

Neste capítulo será descrito o sistema produtivo da empresa COPEFI. Nesta descrição será abordado todo o processo desde a receção de matérias-primas até ao processo de expedição do produto para o cliente. Será realizada uma descrição mais pormenorizada do processo de injeção. Este processo será ainda alvo de uma análise de diagnóstico, onde será utilizada a ferramenta do WID.

### 4.1 Descrição do fluxo produtivo

Como já foi dito anteriormente, a COPEFI é uma empresa que emprega mais de 50 trabalhadores, e é constituída por 13 máquinas de injeção, no entanto durante o trabalho desenvolvido na empresa, duas dessas máquinas não estavam operacionais, sendo que no fim do trabalho acabaram mesmo por ser retiradas. Tem também ainda uma zona de pequenas montagens de componentes, e duas zonas onde se efetua o controlo de qualidade.

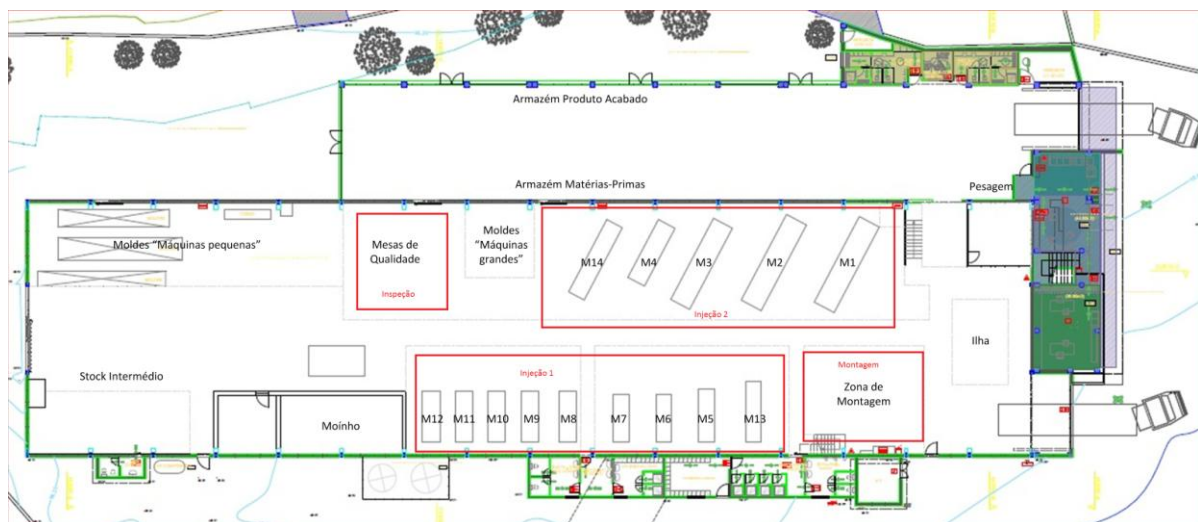


Figura 11 - Layout da COPEFI

Como se pode observar na Figura 11, há duas zonas de máquinas de injeção e é feita a distinção entre elas. A zona de “Injeção 1” representa as máquinas pequenas, isto é, as máquinas com força de fecho entre as 50 e as 130 toneladas. Por sua vez, a zona “Injeção 2” representa as máquinas grandes, ou seja, as máquinas com força de fecho entre as 160 e as 480 toneladas.

De seguida vai ser apresentado o esquema do fluxo de materiais.

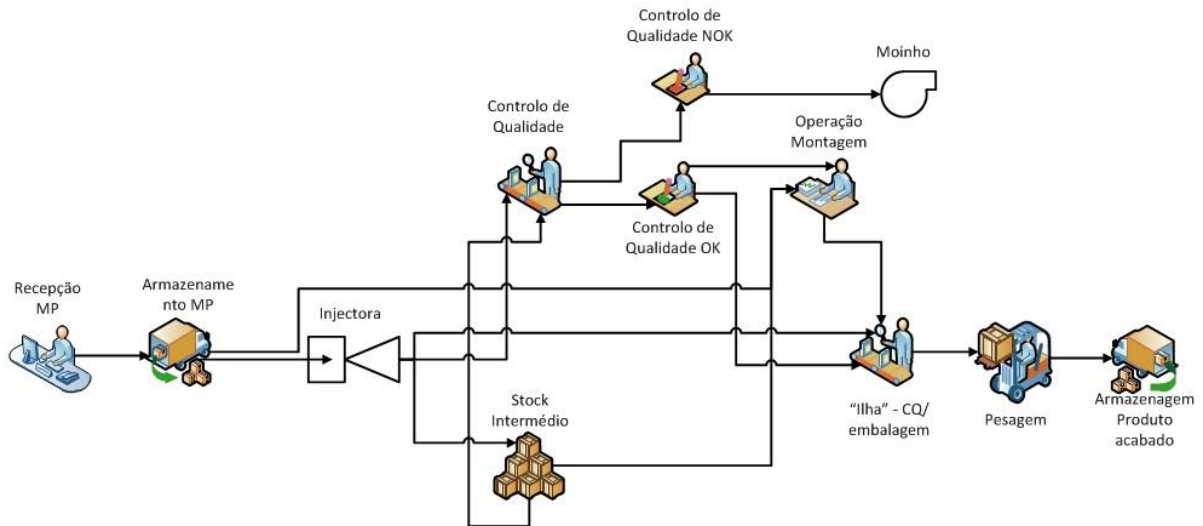


Figura 12 - Fluxo de materiais

## 4.2 Waste Identification Diagram

Para a elaboração do WID é necessário fazer uma recolha e tratamento da informação relativa a tempos de produção, vendas, níveis de stock, entre outros. O WID conta com quatro dimensões representadas, sendo elas o Takt Time (TT), Tempo de Ciclo (TC), níveis de stock intermédio (WIP), e tempo de Setup das máquinas.

O TT pode-se calcular da seguinte forma:

$$TT = \frac{\text{Tempo de produção disponível diário}}{\text{Procura diária do cliente}}$$

Por sua vez, para determinar o TC foi feita uma pesquisa pelo histórico das produções, e foi feito um registo dos valores apresentados nos painéis das máquinas. Assim sendo, os valores correspondentes às alturas dos blocos ficam determinados. Para determinar a largura dos blocos é necessário fazer o registo do WIP. Por fim a profundidade do bloco representa o tempo de Setup, isto é, o tempo que demora a preparar a máquina para uma nova produção. Relativamente às setas apresentadas no gráfico, estas representam o esforço de transporte que é necessário efetuar para transportar o produto de uma unidade para outra. Para o cálculo do esforço de transporte foi multiplicado a quantidade (em Kg/h) de produto pela distância que teria de percorrer. Neste estudo os valores de TT e TC serão apresentados em paletes pois fica mais fácil de fazer uma comparação com o valor do WIP.

Foi considerado como objeto de estudo toda a área de produção. Nesta área, os produtos passam pelos seguintes processos “injeção” e controlo de qualidade, e ocasionalmente podem ser alvo de pequenas montagens.

O WID que aqui será apresentado contará com 4 blocos, sendo dois deles representativos do processo de injeção das “máquinas grandes”, “máquinas pequenas”, um relativo ao processo de controlo de qualidade, e outro referente ao processo das montagens.

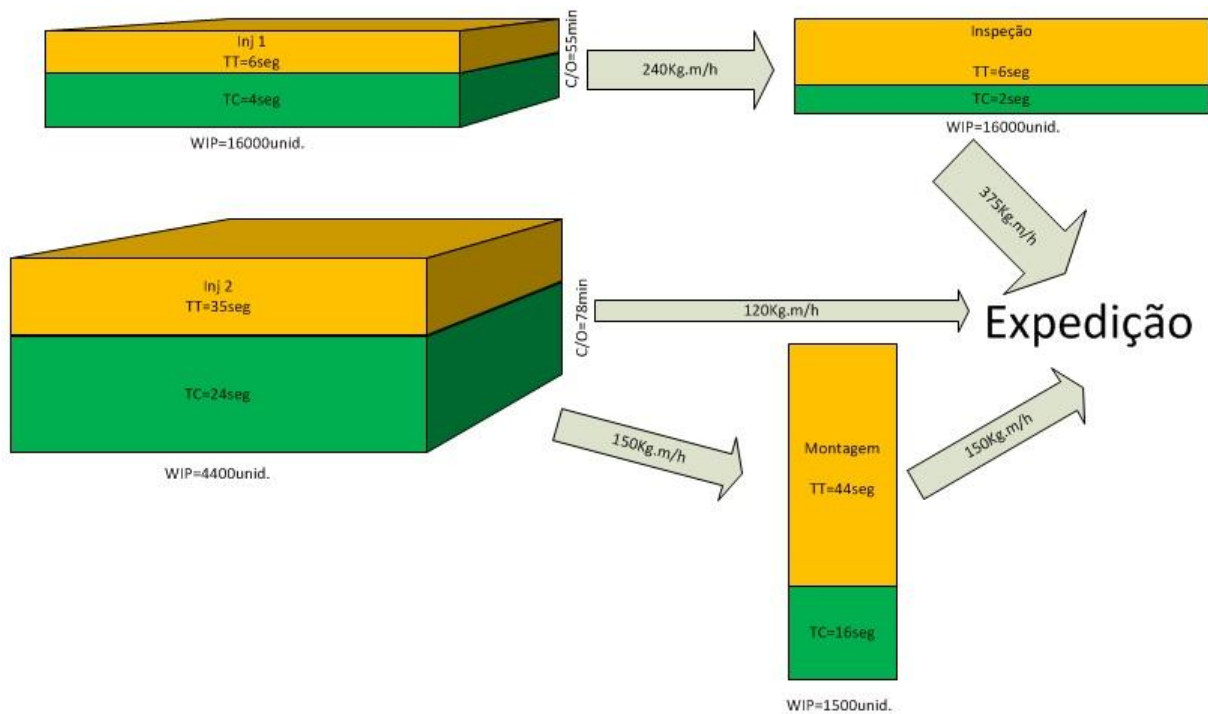


Figura 13 - WID do processo em estudo

Como se pode constatar pela visualização do WID, o TT do processo de Injeção 1 (6seg) é menor que o TT do processo de Injeção 2 (35seg), isto significa que o mercado pede mais unidades de produto das máquinas pequenas, do que das máquinas grandes, contudo os dois processos apresentam taxa de saturação do processo semelhante, ou seja cerca de 68% do seu tempo estão ocupadas, isto porque o TC do processo Injeção 2 também é superior do que o de Injeção 1. Fazendo a mesma analogia para o processo das montagens e para o processo da inspeção, podemos verificar que estes processos estão menos saturados que os dois processos anteriormente referidos. No caso das montagens é devido ao facto de ter um TT muito superior aos restantes processos, e no caso das inspeções deriva do seu TC ser reduzido.

Quanto aos valores do WIP, pode-se verificar que o processo das montagens tem um stock menor que os restantes, aqui pode-se explicar este facto com o número de máquinas

existentes e que cada uma tem o seu stock logo aumenta o valor de WIP geral de cada operação. Por sua vez no caso da inspeção, aqui o problema está na forma como a produção é “pensada” o que faz com que armazene muito WIP.

Relativamente ao tempo de Setup que é representado pela profundidade dos blocos foi determinado através dos registos históricos e de observações realizadas no espaço fabril. Como seria de esperar, o tempo de mudança de molde nas máquinas grandes é maior que nas máquinas pequenas, sendo que nas máquinas grandes o tempo é de 78min e nas máquinas pequenas esse tempo é de 55min. Por norma são efetuadas, em média, cerca de 8 mudanças de molde por dia, 3 dessas mudanças são efetuadas nas máquinas grandes, e as restantes 5 mudanças, nas máquinas pequenas. Quanto aos processos de Montagem e Inspeção, estes não apresentam tempo de Setup pois o seu processo não sofre modificação, isto é, no caso da Montagem a máquina não é alterada e no caso da Inspeção não são necessárias ferramentas para executar esta operação.

Quanto ao esforço de transporte importa referir que o esforço é idêntico para 3 dos percursos a efetuar pelos materiais, contudo existem outros 2 percursos que tem um esforço superior, esses valores derivam do facto de ser percursos de maior distância, e não tem a ver com a quantidade de produtos transportada.

Outro aspeto que é analisado pelo WID é a utilização da mão-de-obra, para isso foram efetuadas observações diretas dos colaboradores e feito o registo das atividades que estavam a exercer, daí obteve-se os resultados apresentados na figura 14:

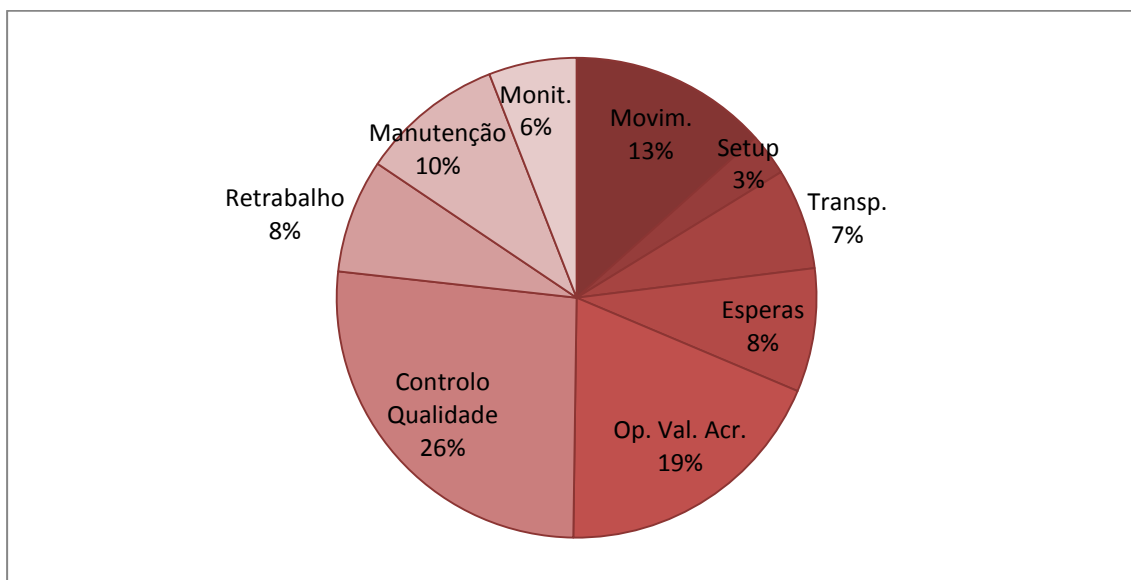


Figura 14 - Gráfico da utilização da MDO



Com estes resultados poderemos fazer um cálculo com o número de colaboradores que a fábrica emprega e com o que a empresa despense com cada um. Para este cálculo vamos atribuir o valor de 700€/mês para cada colaborador, sendo que neste valor já consta todo o tipo de despesas com impostos. A empresa emprega 40 operários que são os que estão diretamente relacionados com esta observação. Por isso temos:

**Tabela 1 - Despesa com Operários**

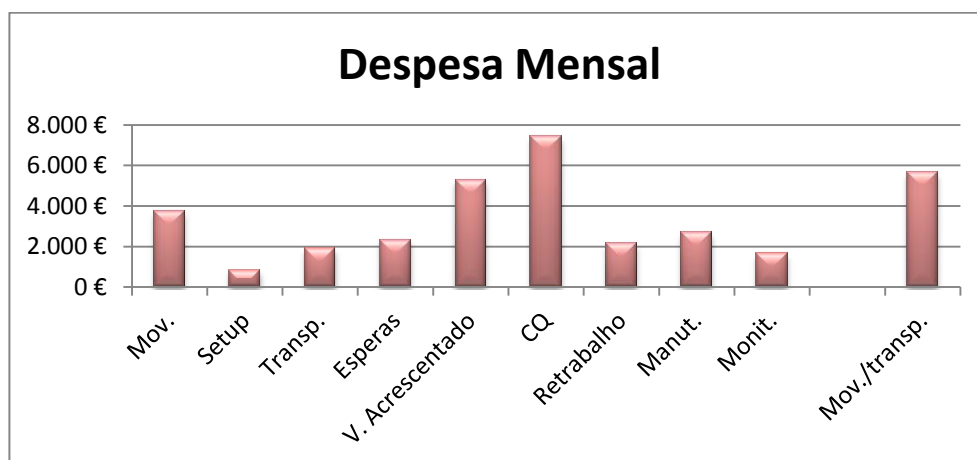
Nº Operários	<b>40</b>
Salário	<b>700€</b>
Despesas Salário Mensal	<b>28000€</b>

Sabendo que a empresa gasta cerca de 28000€ em salários mensais, pode-se então relacionar esse valor com a percentagem de utilização da MDO para cada tarefa, como mostra a tabela 2:

**Tabela 2 - Utilização da mão-de-obra**

	Mov.	Setup	Transp.	Esperas	V.Acrescentado	CQ	Retrabalho	Manut.	Monit.
<b>Util. MO</b>	13%	3%	7%	8%	19%	26%	8%	10%	6%
<b>Despesa</b>	3.746 €	798 €	1.904 €	2.333 €	5.281 €	7.280 €	2.149 €	2.702 €	1.658 €

Para melhor relacionar estes valores, será apresentado também em forma gráfica:



**Figura 15 - Gráfico da despesa da utilização da mão-de-obra**

No gráfico pode-se ver uma coluna em que se juntou o valor gasto em movimentações e transportes.

Dados estes valores, procedeu-se à análise dos dados e determinação do objetivo a alcançar. Determinou-se que o objetivo a alcançar, a médio prazo, seria reduzir o retrabalho, as esperas, as movimentações e os transportes, em cerca de 25%, tal como é apresentado no gráfico.

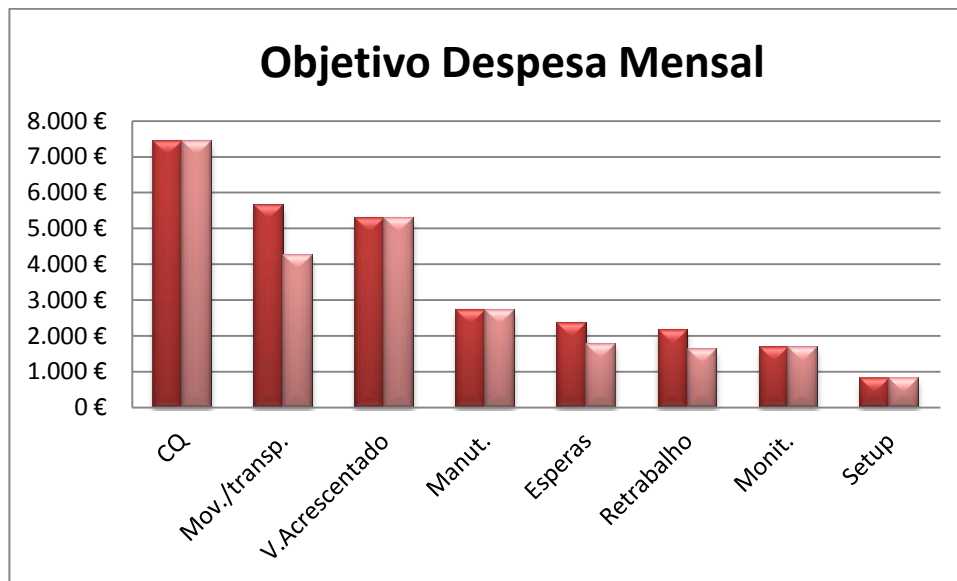


Figura 16 - Gráfico do objetivo da despesa em mão-de-obra

Esta expectativa de redução da percentagem de esperas, retrabalho, movimentações e transportes tem relevância no desempenho da empresa pois vai permitir aos operadores mais tempo para outras tarefas, como por exemplo, nas operações que acrescentam valor, e no controlo de qualidade dos produtos.

### 4.3 Identificação de problemas

Após a elaboração do WID, é necessário interpretar os resultados do mesmo, e analisar os problemas encontrados no sistema produtivo durante as observações que se iam efetuando ao processo.

Um dos problemas identificados tem a ver com a desorganização que por vezes se verificava na área de injeção, apesar de as áreas de movimentações de pessoas e materiais (corredores) estarem devidamente identificados, por vezes encontravam-se obstruídos, o que acabava por condicionar as passagens.

Outro dos problemas identificados reside no facto de as ferramentas que estavam adjacentes ao processo de mudança de moldes, por vezes não estarem presentes no “carrinho das ferramentas”, e o mesmo também se encontrava muito desorganizado. Com este problema, os operários acabavam por despender algum do seu tempo à procura das ferramentas durante a realização das mudanças de moldes. A figura 17 demonstra isso mesmo.



Figura 17 - "Carrinho das ferramentas" desorganizado

Outro dos problemas encontrados no processo da mudança de moldes, tem a ver com o método utilizado pelos operários, apesar de ser praticamente sempre o mesmo funcionário a executar a tarefa, o mesmo não repetia o processo sempre da mesma forma, alterando por vezes um pouco a sequência de trabalho, o que fazia com que os processos tivessem tempos diferentes de realização. Verificou-se também no decorrer deste processo que a etapa final da mudança de moldes que corresponde à afinação da máquina, por vezes era afetada pelo facto da informação correspondente aos parâmetros a inserir estarem desorganizados, e os operadores tinham de procurar essa informação, perdendo assim muito tempo.

Por fim, outro dos problemas que afeta o desempenho da empresa é o facto de toda a informação correspondente às ordens de fabrico necessitarem de ser transcritas para formato digital a partir dos registos dos funcionários. Esta é uma operação que requer demasiado tempo, e está suscetível da ocorrência de erros de transcrição.



## 5. APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo vão ser apresentadas as propostas de melhoria, tendo como base as ferramentas *Lean Manufacturing*. Estas propostas têm como objetivo melhorar a organização da informação na empresa e aumentar a produtividade dos colaboradores da empresa. As propostas de melhoria apresentadas têm por base a melhoria da ferramenta dos 5S aplicada na empresa, e a criação de uma base de dados de todos os artigos da empresa e organização da informação relativa à sua produção, por último será feito um estudo sobre a possibilidade da implementação de terminais nos postos de trabalho.

### 5.1 Implementação da metodologia dos 5S

Embora a metodologia dos 5S já esteja a ser implementada na empresa, esta ainda apresenta alguns problemas de desorganização sobretudo no que diz respeito às ferramentas. Sendo assim, neste trabalho decidiu-se incidir sobre a zona das ferramentas, principalmente no “carrinho das ferramentas” que auxiliava o processo de mudança de moldes.

A implementação da metodologia dos 5S pressupõe a realização de 5 etapas: separar os materiais existentes no posto de trabalho (necessários ou desnecessários); definir os locais onde colocar os materiais; limpar o posto de trabalho; formar os operadores para manter os postos de trabalho limpos e organizados da forma definida; controlar se estão a ser mantidas as regras definidas.

No entanto para a execução desta tarefa (organizar o “carrinho das ferramentas”), decidiu-se que se iria “mudar” de carrinho pois o que vinha a ser utilizado não tinha os requisitos necessários para se executar esta tarefa, pois era apenas um carrinho com uma base em que todas as ferramentas estariam colocadas em cima, o que criava um amontoado de ferramentas, não sendo, por isso, possível a organização das mesmas. Dado este problema decidiu-se encontrar uma solução para o mesmo. Após isto decidiu-se reutilizar um “carro” que estava na empresa. Mas, como mostra a imagem seguinte, esse “carro” precisava de ser restaurado pois não se encontrava nas melhores condições. Como se pode constatar pela imagem, o carro estava um pouco enferrujado e tinha algumas gavetas que não estavam operacionais, tal como as rodas que se encontravam partidas.



Figura 18 - "Carro das ferramentas" antigo

Após determinar que este carro seria o carro que iria ser utilizado, foi necessário proceder-se à sua restauração. Essa tarefa foi executada por um colaborador da empresa, que é a pessoa que está responsável pelas manutenções.



Figura 19 - Carro durante a restauração

Após concluir o processo de restauração do carro, procedeu-se à aplicação propriamente dita dos 5S, seguindo-se os 5 passos determinados por essa metodologia:

- **Classificar:** Inicialmente começou-se por identificar quais os materiais que eram necessários e desnecessários para a realização da tarefa da mudança dos moldes. Os materiais desnecessários foram retirados do conjunto dos materiais a constar no “carrinho” e devolvidos à zona onde são guardadas todas as ferramentas. Na imagem 18 são apresentadas as

ferramentas que constavam no “carrinho” e que foram consideradas desnecessárias para a execução da tarefa de mudança de molde.



Figura 20 - Ferramentas desnecessárias presentes no "carrinho"

- **Organizar:** Após a distinção entre materiais necessários e desnecessários, determinou-se o local para cada tipo de ferramenta. Nesta fase seria expectável que se determina-se um local específico para cada ferramenta, no entanto isso não foi possível, e organizou-se as ferramentas por tipo de ferramenta, isto é, decidiu-se que haveria uma gaveta para as chaves de Umbraco, outra para as hastes de extração, e uma gaveta para as chaves de boca e chaves de fendas, tal como mostra as figuras seguintes.



Figura 21 - Gaveta das chaves de Umbraco



Figura 22 - Gaveta das Hastes de Extração



Figura 23 - Gaveta das chaves de boca e chaves de fenda

Esta forma de organizar as ferramentas foi a única possível visto que para a mudança dos moldes são precisas várias ferramentas e de tamanhos diferentes. Um dos problemas existentes na



empresa é a não existência de um tamanho *standard* de todas as ferramentas necessárias ao processo de mudança de moldes.

- **Limpar:** Após esta distribuição das ferramentas pelos locais determinados para as colocar, criou-se algumas regras para garantir que as ferramentas vão permanecer limpas e no espaço definido para elas. Essas regras encontram-se na tabela 3.

Tabela 3 - Regras de organização do carro das ferramentas

Regras de organização do carro das ferramentas
O responsável da manutenção é responsável por arrumar e limpar o carro sempre que este necessite. Após a utilização das ferramentas, estas devem ser colocadas no mesmo sítio.
Se for retirada alguma ferramenta do carro, o responsável deve ser informado por quem a retirou. Após a utilização das ferramentas, as mesmas devem ser limpas.
Em caso de dano de alguma ferramenta, o responsável deve ser alertado do sucedido. Não colocar no carro ferramentas que não estavam estipuladas que lá estivessem.
Em caso de necessidade de acrescentar ferramentas ao carro, o responsável deve ser avisado, e só após o seu consentimento a mesma deve ser “acrescentada”.

- **Normalizar:** Nesta fase pretende-se garantir que todos os operadores vão seguir os mesmos métodos de utilização das ferramentas, para isso, procedeu-se à formação dos operadores sobre quais os métodos a adotar aquando da utilização das ferramentas.
- **Manutenção:** Nesta fase o que se pretende é que os operadores cumpram as regras estipuladas, para isso é necessário controlar a forma como os operadores vão operar com as ferramentas e ir monitorizando se estes cumprem as regras.  
Inicialmente será necessário fazer uma inspeção mais regular, pois todas as mudanças de hábitos criam alguma dificuldade. No entanto após o período de interiorização das regras, os funcionários começam a cumprir de forma mais rigorosa as regras estipuladas.

## 5.2 Organização da informação

A COPEFI é uma empresa relativamente recente, no entanto tem sentido alguma dificuldade na organização da informação relativa ao Departamento de Qualidade (DQ) e Departamento de Produção (DP). Esta desorganização advém da falta de formação dos colaboradores e da inexistência de locais específicos para todo o tipo de informação. Dado este problema decidiu-se criar um local específico para armazenar a informação relativa a cada produto produzido pela empresa.

No início de cada produção, o colaborador teria de fazer o percurso desde a zona de produção até ao gabinete do DP, passando em seguida pelo DQ, e voltando à fábrica com a informação recolhida. Esse percurso é apresentado na Imagem seguinte.

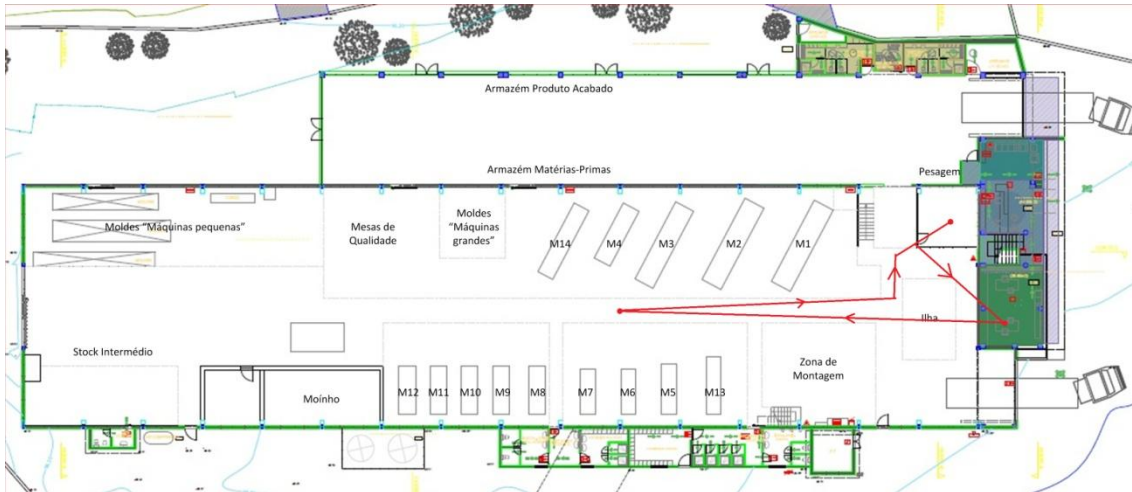


Figura 24 - Percurso antes da organização da informação

Dado que era uma situação que precisava de ser alterada rapidamente pois era um fator que atrasava os inícios de produção, decidiu-se criar os, designados por, Dossier de Produto, e um local específico no espaço fabril para armazenar essa informação.

Fazem parte dos Dossier de Produto as seguintes informações:

- Ficha de Programação;
- Especificações da Qualidade;

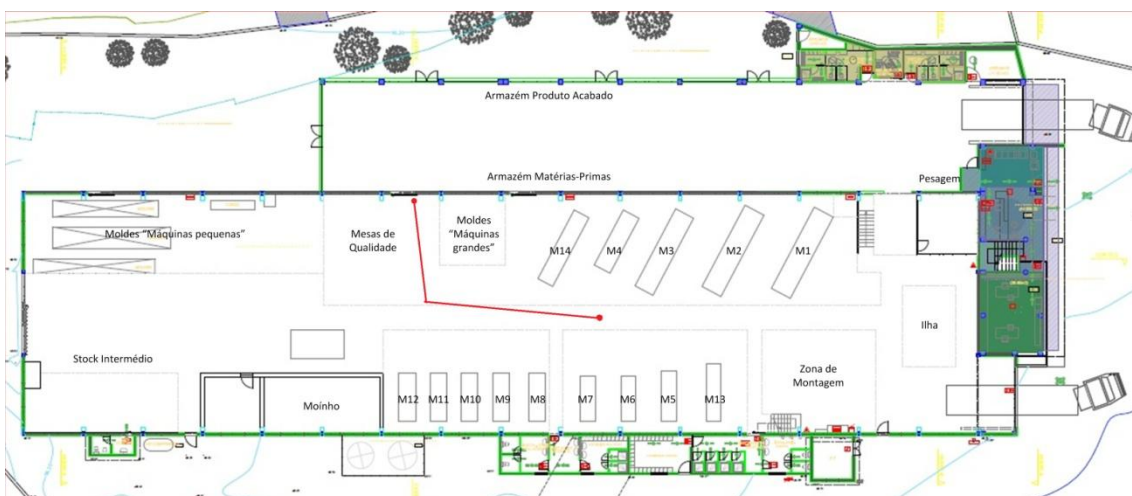


Figura 25 - Percurso depois da organização da informação

A criação de uma base de dados com toda a informação relativa aos produtos da empresa, é outra das estratégias a seguir com o intuito de reduzir o tempo despendido à procura de informações sobre os produtos.

Na base de dados são mencionadas informações tais como, quantidades por caixa que são enviadas para o cliente, em que tipo de embalagem é acondicionado o material, matéria-prima, em que máquina pode ser produzida a peça, peso da peça, peso total de cada injeção, peso do gito, identificação do molde, número de cavidades, tempo de ciclo, stock de segurança, stock económico, entre outras informações.

Esta base de dados foi criada em Excel pois seria mais fácil a transmissão dos dados posteriormente para outro formato.

### 5.3 Estudo de implementação de terminais nos postos de trabalho

Um dos “desperdícios” que foi identificado na empresa, foi o tempo gasto na transcrição dos dados, presentes nas ordens de fabrico, do papel para formato digital.

De acordo com o que foi observado durante este estudo, um colaborador gastaria cerca de 1/3 do seu tempo apenas a fazer transcrição destes dados. Na tabela seguinte apresenta-se o valor de cada uma das parcelas mais significativas.

Considerou-se que quatro meses do ano de uma pessoa seria o tempo necessário para transcrever os dados de todas as ordens de fabrico anuais em papel para formato digital.

**Tabela 4 - Despesa com impressão e transcrição das ordens de fabrico**

	Unidades	Preço	Total
<b>Pessoa</b>	4	700 €	2.800 €
<b>Papel + Toner</b>	12	90 €	1.080 €
<b>Total</b>			3.880 €

Como se pode constatar, anualmente são gastos aproximadamente 3900€ com a impressão das ordens de fabrico, e com o tempo despendido por parte dos colaboradores.

Com o intuito de reduzir este custo, pensou-se que seria vantajoso implementar terminais nos postos de trabalho. Os terminais, como mostra na Imagem 26, serviriam para os operadores receberem informação sobre as ordens de fabrico a executar e colocarem diretamente as informações relativas à produção dessas mesmas ordens de fabrico. Esse terminal após a introdução dos dados, faria o encaminhamento da informação para um

computador central através de um sistema Wireless, e aí o Responsável da Produção, faria o tratamento dos dados, conseguindo portanto poupar muito tempo para o tratamento dos mesmos.



Figura 26 - Terminal

Foi realizado um estudo das necessidades de terminais a implementar, e verificou-se que o ideal seria implementar nove terminais nos postos de trabalho, pois assim evitava-se demasiadas movimentações, e cada operador ficava responsável por colocar no terminal a informação relativa à máquina ou conjunto de máquinas (no caso das máquinas “pequenas”) que está responsável. Considerou-se assim, que o ideal seria implementar os terminais nos postos de trabalho assinalados na imagem.

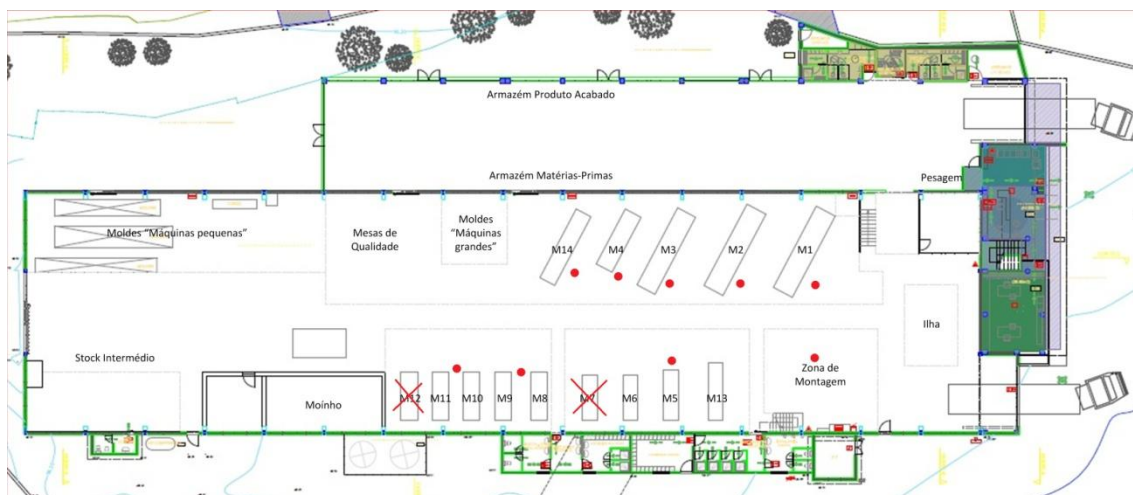


Figura 27 - Terminais por posto de trabalho

Dadas as necessidades, foram efetuadas pesquisas e pedidos de orçamentação, e foi possível prever quanto custaria implementar os terminais portáteis nos postos de trabalho. Contudo, há uma das parcelas que não ficou bem definida pois não foi possível obter um valor mais preciso, esse valor corresponde ao desenvolvimento do software para aplicar nos

terminais, sendo que o valor que consta na tabela é um valor genérico e tem por base outros software's idênticos que foram sendo elaborados.

**Tabela 5 - Custo de aquisição dos terminais**

	<b>Unidades</b>	<b>Preço</b>	<b>Total</b>
<b>Terminais</b>	9	550 €	4.950 €
<b>Software</b>	1	1.500 €	1.500 €
<b>Total</b>			6.450 €

Para além dos valores apresentados na Tabela 5, acresceria o valor da manutenção dos terminais e o valor da formação dos operários. Contudo essas parcelas são insignificantes, pois os aparelhos não têm uma manutenção demasiado dispendiosa, e dado que é uma tecnologia de fácil uso, os operários necessitariam apenas de uma breve explicação sobre o funcionamento dos terminais.

De acordo com estes resultados, consegue-se prever que o investimento na implementação de terminais seria rentável para a empresa, no entanto o retorno do investimento só ocorreria ao fim de aproximadamente dois anos.



## 6. CONCLUSÕES

O *Lean Manufacturing* é uma filosofia que permite, às empresas, eliminar ou reduzir os desperdícios. Com a implementação das ferramentas inerentes a essa filosofia, é possível incrementar a qualidade dos produtos, e aumentar a produtividade dos recursos. Estas melhorias permitem às empresas acompanhar a evolução e exigências dos mercados.

Este trabalho tinha como objetivo aplicar algumas ferramentas *Lean Manufacturing* para melhorar o fluxo de informação e organizar o sistema de produção, por isso considera-se que a meta foi conseguida.

Inicialmente começou-se por fazer uma análise de diagnóstico utilizando a ferramenta do WID. Durante esta análise observou-se que existia um elevado tempo despendido a procurar informações e um elevado número de movimentações dos colaboradores o que demonstrava que havia alguma desorganização do sistema produtivo da empresa, por isso decidiu-se centrar a informação relativamente aos produtos, e tornar essa informação acessível a todos os colaboradores. Outro dos problemas observados residia no “carrinho das ferramentas” pois encontrava-se sem qualquer tipo de organização, o que fazia com que o operador que tinha de fazer a mudança dos moldes das máquinas despende-se algum tempo à procura das ferramentas.

Após a observação destes desperdícios, elaborou-se um plano de redução dos mesmos, e para isso recorreu-se a ferramentas *Lean*. Esse plano tinha por base a organização da informação, aplicação da ferramenta dos 5S.

A organização da informação permitiu reduzir algumas das movimentações dos operadores, e reduzir o tempo que estes despendiam à procura da informação aquando dos inícios de produção e sempre que era necessário informações dos produtos.

A aplicação da ferramenta dos 5S permitiu reduzir o tempo que os funcionários despendiam à procura das ferramentas durante o processo de mudança dos moldes.

Apesar de todas as melhorias implementadas fazerem parte de modificações básicas, conseguiu-se reduzir alguns desperdícios observados com a aplicação de ferramentas *Lean*. Por isso, pressupõe-se que este deve ser um trabalho que deve continuar nesta empresa e com o objetivo de aumentar a produtividade dos recursos.

No sentido de aumentar a produtividade da COPEFI, sugiro que esta adote a filosofia do *Kaizen*, ou seja, que esteja numa incessante melhoria contínua dos seus processos. Apesar das propostas apresentadas, recomenda-se que a empresa trace novas metas, e que esteja mais atenta a determinados aspetos que podem condicionar a sua produtividade. Um trabalho que

deve ser realizado pela empresa é a aplicação de SMED no processo de mudança de moldes, tornando o processo o mais *standard* possível, de forma a tornar esse trabalho mais fácil e rápido de realizar por parte dos operadores.

Neste trabalho a metodologia 5S foi aplicada somente ao carro das ferramentas, contudo recomenda-se que este trabalho seja alargado a outras áreas da empresa, sobretudo deve-se manter o trabalho que tem vindo a ser efetuado não deixando que este seja desperdiçado.

Relativamente à gestão de inventários, esta deve ser revista e deve ser feito um estudo com o intuito de observar o que está a falhar, pois aconteceu por diversas ocasiões de existirem produtos que estavam simplesmente “arrumados” sem que se soubesse da sua existência. Este problema acaba por afetar um pouco do planeamento da produção.

Por último, a empresa deve apostar também na melhoria do seu sistema de qualidade, visto que é uma empresa que trabalha diretamente com a indústria automóvel e é uma indústria com regras de segurança bastante restritas, e um dos problemas da empresa reside na qualidade dos seus produtos, isto é, muitas vezes os produtos necessitam de pequenas reparações, ou na pior das hipóteses, tem de ser novamente produzidos quando o defeito é irreversível.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, A. C. (2007). *Projecto dinâmico de Sistemas de Produção Orientados ao Produto*. Tese de Doutoramento em Engenharia e Produção de Sistemas. Escola de Engenharia. Universidade do Minho.

Carreira, B. (2005). *Lean Manufacturing That Works: Powerfull Tools for Dramatically Reducing Waste and Maximizing Profits*. New York: AMACOM.

Fujimoto, T. (1999). *The Evolution of a Manufacturing System at Toyota*. New York : Oxford University Press.

Green, J. C., Lee, J., & Kozman, T. A. (2010). Managing lean manufacturing in material handling operations. *International Journal of Production Research* , 2975-2993.

Hines, P., Found, P., Griffiths, G., & Harrison, R. (2010). *Staying Lean: Thriving, Not just Surviving*. New York: Productivity Press.

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

Lima, F. (2009). *As sete categorias de desperdício (MUDA)*. Data de acesso: 4 de Agosto de 2013, de Expresso GQ: <http://expressogq.blogspot.com/2009/11/as-sete-categorias-de-desperdicio-muda.html>

Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM*. Productivity Press. Cambridge.

Nogueira, M. A. (2010). *Implementação da gestão da produção Lean: estudo de caso*. Dissertação de mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

O'Brien, R. (1998). *An Overview of the Methodological Approach of Action Research*. Faculty of Information Studies. University of Toronto.

Ohno, T. (1988). *Toyota Prodcuyion System: Beyond Large-Scale Production*. New York: Productivity Press.

Ortiz, C. A. (2006). *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line*. New York: CRC Press.

Pinto, J. P. (2008). *Lean Thinking: Introdução ao pensamento magro*. Comunidade Lean Thinking.

Sá, J. C., Carvalho, J. D., & Sousa, R. M. (2011). Waste Identification Diagrams.

Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Cambridge: Productivity Press.

Tereso, A. (2010). Slides das Aulas da Unidade Curricular de Metodologias de Investigação. Guimarães: Departamento de Produção e Sistemas. Universidade do Minho.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*. New York, USA: Simon & Schuster.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. New York: Rawson Associates.