



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

José Miguel de Macedo Soares Amor

Aplicação de princípios de *Lean Manufacturing*
numa empresa de metalomecânica pesada.

Tese de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor Dinis Carvalho

Outubro de 2013

DECLARAÇÃO

Nome: José Miguel de Macedo Soares Amor

Título da dissertação: Aplicação de princípios de Lean Manufacturing numa empresa de metalomecânica pesada.

Orientador: Professor Doutor Dinis Carvalho

Ano de conclusão: 2013

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Nos exemplares das teses de doutoramento ou de mestrado ou de outros trabalhos entregues para prestação de provas públicas nas universidades ou outros estabelecimentos de ensino, e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca Nacional e, pelo menos outro para a biblioteca da universidade respetiva, deve constar uma das seguintes declarações:

1. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;
2. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DISSERTAÇÃO (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.), APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;
3. DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO

Universidade do Minho, 30/10/2013

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

Este espaço é dedicado ao reconhecimento e ao agradecimento público de todos aqueles que prestaram a sua preciosa colaboração, direta ou indiretamente, na prossecução dos meus objetivos e na concretização desta nova etapa da minha formação académica.

Agradeço em especial...

Ao meu orientador, Professor Doutor Dinis Carvalho, por toda a compreensão, apoio, disponibilidade e sábias sugestões prestadas durante toda a investigação e redação da dissertação.

Ao Eng. Ricardo Portela, pela oportunidade que me concedeu de estagiar na bysteel, agradeço ainda, todo o apoio e acompanhamento concedido ao longo do projeto, mas sobretudo os ensinamentos prestados, que me permitiram retirar conhecimentos importantes para o meu futuro.

Ao Eng. Maurício Sousa, pela coorientação, apoio constante, simpatia e amizade.

A todos os membros do Departamento de Produção Industrial, pela partilha de informações pertinentes e pela colaboração na concretização do projeto.

A todos os colaboradores da bysteel, pelo acolhimento caloroso e pela simpatia, em particular à Marta Barbosa e à Cristiana Castro pela amabilidade e pela atenção que me disparam.

À minha família, nomeadamente, aos meus pais, ao meu irmão, aos meus avós, às minhas tias, Natália e Teresa, ao meu tio Alexandre e aos meus primos João e Maria Inês, pelo carinho incondicional e pelo encorajamento incessante, que em muito facilitaram esta caminhada.

À minha namorada, Vera, pela paciência, disponibilidade, interesse, motivação e ajuda constante ao longo do estágio, bem como no decorrer da redação da dissertação.

Todos contribuíram para o meu aperfeiçoamento individual e estou certo que contribuirão também para a minha valorização profissional. Cabe-me aplicar doravante o que aprendi, fá-lo-ei não esquecendo que “não basta ter espírito bom, mas que o principal é aplicá-lo bem”!

A todos deixo aqui o meu sincero agradecimento!

RESUMO

A presente dissertação é o resultado do projeto desenvolvido num contexto empresarial, no âmbito do 5.º ano do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial. Este projeto definiu como principal objetivo a aplicação de princípios de produção *Lean Manufacturing* no sistema produtivo de uma empresa de metalomecânica pesada.

Após uma breve revisão bibliográfica sobre princípios e ferramentas *Lean*, procedeu-se à análise e diagnóstico da empresa. A análise realizada permitiu identificar vários problemas no seio da organização, designadamente elevadas distâncias percorridas pelos componentes e operadores o que origina custos elevados de transporte e movimentações, bem como perda de tempo na procura de ferramentas, matérias-primas e nas preparações dos equipamentos.

A identificação dos problemas encontrados foi realizada recorrendo ao WID e através da análise do fluxo de materiais e de todo o processo produtivo, desde a preparação dos desenhos técnicos, passando pelo fabrico até à expedição.

Posteriormente, foram calculados e analisados os indicadores de desempenho, tais como, produtividade, taxa de utilização da mão-de-obra, tempo de atravessamento médio total, esforço de transporte e número de acidentes.

De seguida, sugeriram-se propostas de melhoria face aos problemas encontrados, destacando-se a proposta de alteração de *layout* com base nos produtos designados por “produtos A”, uma vez que estes representam maior volume de vendas. O objetivo desta proposta de *layout* assenta na redução de distâncias, com vista a diminuir custos com transportes de materiais, movimentação de operadores e diminuir o *Lead Time* dos produtos.

Recorrendo à comparação dos dois *layouts*, foi possível quantificar a diminuição de distâncias entre os centros de transformação.

Por fim, realizou-se o WID do *layout* proposto em que se observa uma redução significativa do esforço de transporte.

PALAVRAS-CHAVE

Lean Manufacturing, WID, Indicadores de Desempenho, Análise ABC, *Layout*.

ABSTRACT

The following dissertation is the result of a project developed in a business context in the scope of the 5th year of Master Degree in Industrial Engineering and Management. This project set as its main objective the implementation of production principles of Lean Manufacturing in the productive system of a heavy metallomechanics company.

Before proceeding to the analysis and diagnosis of the company, it was made a short review on Lean principles and tools. The analysis identified several problems within the organization, particularly the high costs of transport and movements caused by the long travelling distances of the components and operators, as well as the loss of time in the search of tools, raw materials and preparations of equipment.

The identification of the discovered problems was performed using the WID and through an analysis of the entire production process and material flow, from the preparation of technical drawings, through manufacturing till shipment.

Thereafter, the performance indicators were calculated and analyzed, such as productivity, utilization rate of manual labour, overall throughput time average, transportation effort and number of accidents.

Then, improvement proposals related to the discovered problems have been suggested, highlighting the proposal for a layout change based on the products called "A products", since these represent the higher sales volume. The aim of this proposed layout is based on the reduction of distances, in order to reduce transportation costs of materials, handling of operators and also reduce the Lead Time of the products.

After comparing both layouts, it was possible to quantify the reduction of distances between the transformation centers.

Finally, it was made the WID of the proposed layout in which there is a significant reduction in the transportation effort.

KEYWORDS

Lean Manufacturing, WID, Performance Indicators, ABC analysis, Layout.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice.....	ix
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xv
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de Investigação.....	2
1.4 Estrutura da Dissertação.....	4
2. Revisão Bibliográfica.....	7
2.1 <i>Lean Manufacturing</i>	7
2.1.1 Princípios do <i>Lean</i>	8
2.1.2 Os Sete Desperdícios.....	8
2.2 <i>Value Stream Mapping</i>	11
2.3 <i>Waste Identification Diagram</i>	11
2.4 Comparação do WID com o VSM.....	15
2.5 Indicadores de Desempenho.....	16
2.5.1 Produtividade.....	17
2.5.2 Taxa de utilização da mão de obra.....	17
2.5.3 Tempo de atravessamento médio total.....	18
2.5.4 Esforço de transporte.....	18
2.5.5 Número de Acidentes.....	18
3. Diagnóstico do Estado Atual Do Sistema Produtivo.....	19
3.1 Produtos.....	19
3.2 Descrição do Sistema Produtivo.....	20
3.2.1 Centro de Transformação de Chapas.....	21
3.2.2 Centros de Transformação de Perfis.....	21

3.2.3 Centro de Armação	21
3.2.4 Centro de Soldadura	21
3.3 WID	22
3.4 Plano de Observações	26
3.5 Análise ABC	28
3.6 Indicadores de Desempenho	29
3.7 Síntese dos Problemas Encontrados	30
4. Apresentação e Implementação de Propostas de Melhoria	33
4.1 <i>Layout</i> Proposto	33
4.2 WID do <i>Layout</i> Proposto	34
4.3 Utilização do mesmo método de cotagem e criação de uma equipa de preparação	37
4.4 Programação <i>offline</i> do CTP realizada no Departamento de Produção Industrial	37
4.5 Compra do <i>software</i> Lantek Expert Quattro	38
4.6 Admissão de um colaborador para auxiliar na distribuição das peças	38
4.7 Envio de desenhos de fabrico para os soldadores	39
4.8 Aplicação de clarabóias de desenfumagem	40
4.9 Remodelação do <i>template</i> de <i>report</i> do Tekla Structures	40
5. Análise e Discussão de Resultados	41
5.1 Proposta de <i>Layout</i>	41
5.2 Discussão de outras propostas	42
6. Conclusões	45
7. Referências Bibliográficas	47
Anexo I – Volume de Vendas e Curva ABC	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Os sete desperdícios	9
Figura 2 - Simbologia VSM	11
Figura 3 - Exemplo de uma ficha usada para amostragem do trabalho	13
Figura 4 - Ícones utilizados no WID (Sá et al., 2011).....	13
Figura 5 - Exemplos de produtos fabricados	19
Figura 6 - <i>Layout</i>	20
Figura 7 - Bloco do WID do CTC.....	22
Figura 8 - Bloco do WID do CTP	23
Figura 9 - Bloco do WID do CA.....	24
Figura 10 - Bloco do WID do CS.....	24
Figura 11 - WID	25
Figura 12 - Excerto do plano de observações do CTC	26
Figura 13 - Percentagem das tarefas realizadas pelos operadores nos diferentes centros.....	26
Figura 14 - Percentagem das tarefas realizadas pelos operadores	27
Figura 15 - Custo anual das tarefas realizadas pelos operadores	27
Figura 16 - <i>Layout</i> proposto.....	33
Figura 17 - Bloco do WID do CTC do <i>layout</i> proposto.....	34
Figura 18 - Bloco do WID do CTP do <i>layout</i> proposto.....	35
Figura 19 - Bloco do WID do CA do <i>layout</i> proposto.....	35
Figura 20 - Bloco do WID do CS do <i>layout</i> proposto.....	36
Figura 21 - WID do <i>layout</i> proposto	36
Figura 22 - Cut-IQ.....	37
Figura 23 - Lantek Expert Quattro	38
Figura 24 - Desenhos de fabrico da Soldadura	39
Figura 25 - Clarabóia de desenfumagem.....	40
Figura 26 - Template Cut-IQ.....	40
Figura 27 - Volume de Vendas	48
Figura 28 - Curva ABC.....	48

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Eficácia na identificação dos tipos de desperdícios	15
Tabela 2 - Produtos fabricados.....	19
Tabela 3 - Análise ABC aos produtos da empresa.....	28
Tabela 4 - Síntese da análise ABC.....	29
Tabela 5 - Comparação de distâncias entre centros de transformação	41
Tabela 6 - Comparação do esforço de transporte entre centros de transformação.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

ABC – *Activity-Based-Costing*

C/O – *ChangeOver*

CA – Centro de Armação

CS – Centro de Soldadura

CTC – Centro de Transformação de Chapa

CTP – Centro de Transformação de Perfis

DP – Distância Percorrida

DTA – Dias de Trabalho no Ano

EPS – Especificação de Procedimentos de Soldadura

ET – Esforço de Transporte

ET – Esforço de Transporte

MTD – Minutos de Trabalho dia

PDC – Procura Diária do Cliente

PDC – Procura Diária do Cliente

QA – Quantidade Anual

TC – Tempo de Ciclo

TOF – Técnico Oficial de Fabrico

TPS – *Toyota Production System*

TT – *Takt Time*

TUMDO – Taxa de Utilização da mão de obra

VRS – Vigas de Construção Soldada

VSM – *Value Stream Mapping*

WID – *Waste Identification Diagrams*

WIM – *Waste Identification Methodology*

WIP – *Work In Process*



1. INTRODUÇÃO

Perante mercados tão exigentes e competitivos, as organizações veem-se obrigadas a adotar estratégias de mudança que sejam capazes de assegurar a sua sustentabilidade. Uma das filosofias que possibilita desencadear tal transformação nas indústrias é o *Lean Manufacturing*. Um dos pilares desta filosofia passa pela eliminação de desperdícios ao longo de toda a cadeia de valor. A sua aplicação permite que as empresas reduzam os seus custos, melhorem a qualidade dos seus produtos e serviços, utilizem de forma mais eficaz os recursos, tornando-as assim em organizações mais eficientes e eficazes.

1.1 Enquadramento

Esta dissertação suporta e descreve o projeto realizado no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial do Departamento de Produção e Sistemas da Escola de Engenharia da Universidade do Minho.

A empresa em estudo é uma metalomecânica orientada para a construção de estruturas metálicas de médio e grande porte que tem por nome “bysteel”. Encontra-se sediada em Braga num espaço de 50 000 m² onde possui três unidades industriais e emprega 160 colaboradores.

Trata-se de uma empresa com produção orientada ao processo, em que o seu sistema produtivo se encontra dividido em secções, agrupadas por tipo de função, assim como pelo facto de apresentar uma grande diversidade de produtos e produzir pequenas quantidades. Este projeto de dissertação desenrolou-se em ambiente industrial, desenvolvendo-se, desta forma, relações interpessoais com operários e chefias da empresa, assumindo, assim, entre as partes envolvidas, espaço necessário para discussão e implementação de melhorias que fossem apontadas após o diagnóstico de problemas encontrados. Os mesmos estavam relacionados com elevados desperdícios o que indiciou a necessidade de aplicação de princípios e ferramentas de Produção *Lean*.

Os princípios *Lean* poderiam muito provavelmente ser aplicados embora não se trate de uma empresa onde tradicionalmente se apliquem conceitos como produção puxada ou orientação ao produto.

O mapeamento do fluxo de valor e a identificação dos principais desperdícios pareceram ser uma estratégia adequada para esta empresa.



1.2 Objetivos

O principal objetivo do projeto é, através de princípios e ferramentas de Produção *Lean*, analisar e diagnosticar a unidade de produção da empresa em estudo. Como objetivos complementares podemos enumerar os seguintes:

- Identificar e avaliar os principais desperdícios.
- Definir e avaliar indicadores de desempenho.
- Apresentar propostas de melhoria do processo produtivo, recorrendo a ferramentas *Lean Manufacturing*.
- Implementar as propostas sugeridas.
- Analisar o impacto das propostas implementadas no desempenho da empresa.

Para concretizar estes objetivos são utilizadas ferramentas, tais como: diagrama de fluxo de materiais, análise ABC, WID, indicadores de desempenho, entre outros.

1.3 Metodologia de Investigação

Para a realização desta dissertação é utilizada uma metodologia que se enquadra na designada *Action-Research* (Investigação-Ação) que, segundo O'Brien (1998), é definida como sendo uma investigação ativa onde ocorre o envolvimento de todas as pessoas relacionadas com o projeto (diretores, técnicos, encarregados, trabalhadores).

Na primeira fase do projeto, é realizada uma revisão bibliográfica sobre forma de representação e caracterização de unidades produtivas recorrendo à filosofia *Lean Manufacturing* com ênfase na identificação de desperdícios.

O *Value Stream Mapping* (VSM) e o *Waste Identification Diagram* (WID) são duas das ferramentas inerentes a esta filosofia, para diagnóstico de sistemas de produção, que permitem identificar os desperdícios. Dependendo dos desperdícios que são identificados através dos diagramas VSM e WID, pode-se utilizar outras ferramentas associadas ao *Lean Manufacturing* que, quando devidamente aplicadas, permitem a redução, ou mesmo a eliminação, dos desperdícios observados.

O VSM é uma ferramenta que tem como principal objetivo diferenciar as atividades que acrescentam das que não acrescentam valor no sistema de produção de uma organização. Esta ferramenta, como o próprio nome indica, é uma representação da cadeia de valor de um sistema de produção que inclui todos os processos inerentes a um sistema de produção, desde que é recebida uma encomenda (ou



uma ordem de produção) até que esta é entregue ao cliente. O VSM identifica todas as atividades necessárias para garantir a entrega do produto ao cliente, de forma a satisfazer as necessidades do mesmo (Womack et al., 1996).

Por outro lado, o WID é um diagrama que tem como objetivo complementar a informação fornecida através de um VSM, em que permite visualizar de forma rápida o tempo de atravessamento, o esforço de transporte, os tempos de preparação das máquinas, a quantidade de produtos em curso de fabrico e o tempo de ciclo dos processos, entre outros. Desta forma, possibilita a representação de várias famílias de produtos em simultâneo e não de apenas uma família, destacando visualmente os principais problemas que impedem as empresas de alcançar os fluxos de produção pretendidos (Sá et al., 2011).

A ferramenta WID é escolhida como ferramenta de análise, diagnóstico e representação da unidade produtiva. Uma das razões da sua escolha é o facto de se tratar de uma ferramenta que está ainda em fase de desenvolvimento no Departamento de Produção e Sistemas da Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Este projeto serve também para experimentar e validar a ferramenta neste tipo de ambiente industrial.

Para a elaboração do WID é preenchido um plano de observação onde constam os vários tipos de desperdícios. Desta forma, é necessário calcular a percentagem de ocupação de tempo de cada operador nos postos de trabalho em análise, para perceber qual a percentagem de tempo em que o operador acrescenta valor. Assim, são criados gráficos de afetação do recurso mão de obra, indicando os seguintes tipos de tarefas: acrescenta valor; espera; movimentações; retrabalho; setup; transporte; e outro (atividade que não acrescenta valor e que difere das outras).

Esta informação reveste-se de extrema importância, visto que permite observar quais os desperdícios mais relevantes nos vários centros transformação da empresa.

De seguida, é realizada a análise ABC (*Activity-Based-Costing*), que se trata de uma ferramenta utilizada para determinar os produtos que requerem maior atenção por parte da administração. Desta forma, a utilização da análise ABC permite identificar quais os produtos que representam maior faturação para a empresa. Depois de realizada esta análise, é discutido com os agentes decisores qual o caminho a seguir no decorrer do projeto onde, posteriormente, serão estabelecidos indicadores de desempenho a usar, e se realizará uma síntese de problemas encontrados no sistema produtivo.



Com os principais problemas identificados passa-se para a fase seguinte, isto é, para a exposição das propostas de melhoria e realização do WID com base no novo *layout* apresentado. São então propostas soluções para atingir os objetivos do projeto e para resolver alguns problemas identificados.

Seguidamente, são implementadas as propostas de melhoria. Os resultados obtidos são objeto de análise e discussão, efetuando-se uma comparação entre a situação inicial e a situação proposta de modo a verificar os benefícios que a empresa consegue obter.

Por fim, na última fase da metodologia verifica-se se os objetivos estabelecidos no início do projeto são alcançados. É também realizado um balanço de todo o decorrer do projeto de dissertação, fazendo-se referência a propostas de melhoria para trabalho futuro.

1.4 Estrutura da Dissertação

O presente relatório encontra-se organizado em sete capítulos.

No primeiro capítulo faz-se referência à descrição da metodologia de investigação utilizada, incluindo o enquadramento e objetivos do projeto.

O segundo capítulo destina-se à revisão bibliográfica acerca da filosofia *Lean Manufacturing*, expondo algumas ferramentas como VSM, WID, bem como alguns indicadores de desempenho.

No terceiro capítulo, apresenta-se de forma muito sucinta a empresa onde foi elaborado o projeto de dissertação, dando particular ênfase aos vários centros de transformação da empresa. Neste ponto, realizar-se-á uma análise aos produtos e processo produtivo, assim como a elaboração do WID atual, utilização de indicadores de desempenho e, por fim, será feita uma síntese dos problemas encontrados.

No capítulo quatro são apresentadas propostas de melhoria e a implementação das mesmas.

O quinto capítulo destina-se à análise e discussão de resultados obtidos após a implementação das propostas de melhoria.

Por último, no capítulo seis é efetuada a conclusão da dissertação, assim como algumas sugestões para trabalho futuro.





2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo destina-se à apresentação do estado da arte de vários conceitos que estão relacionados com este projeto de dissertação. Assim, é feito um breve enquadramento da filosofia *Lean Manufacturing*, indicando a sua origem e princípios, expondo os tipos de desperdícios existentes e algumas técnicas inerentes a esta filosofia.

De seguida, é realizada uma breve introdução à ferramenta *Value Stream Mapping* (VSM), que se destina à visualização e análise do fluxo de materiais e informação na produção de produtos ou serviços.

Posteriormente, é efetuada uma introdução à nova ferramenta para a identificação de desperdícios, designada *Waste Identification Diagrams* (WID), desenvolvida no Departamento de Produção e Sistemas da Escola de Engenharia da Universidade do Minho.

Por fim, são apresentados e explicados vários indicadores de desempenho utilizados no decorrer do projeto de dissertação.

2.1 *Lean Manufacturing*

Lean Manufacturing é uma abordagem de produção que pode beneficiar as organizações, tornando-as mais competitivas e conseqüentemente mais capazes de fazer face à concorrência. Esta abordagem, inicialmente designada por *Toyota Production System* (Monden, 1998), foi desenvolvida pela empresa japonesa Toyota na década de 50, consistindo num melhoramento do desempenho do sistema, recorrendo à eliminação dos desperdícios. Estes podem ser definidos como sendo toda a atividade que não acrescenta valor ao produto final. Os desperdícios podem ser classificados em sete tipos diferentes (Sugimori, 1977): Transporte, stocks, movimentação, espera, defeitos, sobreprocessamento e sobreprodução.

Para que o modelo referido seja bem aplicado no contexto organizacional, o sistema de produção tem que se adequar, conseguindo então alcançar os objetivos da organização recorrendo a técnicas que procuram reduzir diferentes formas de desperdício. Permitindo que as empresas lancem os seus produtos no mercado com preços mais competitivos e sem perda de qualidade (Lewis, 2000).



2.1.1 Princípios do *Lean*

O princípio do *Lean Thinking* consiste, em primeiro lugar, em eliminar qualquer tipo de perda em atividades que não acrescentem valor, desde as esperas, tempos de preparação de máquinas, *Work-in-Process* (WIP), produção defeituosa, etc.

Esta filosofia de gestão advém do TPS e ficou universalmente conhecida com o livro “*The machine that changed the world*” de Womack, et al., de 1990. Esta edição apresentou ao mundo alguns princípios da indústria produtiva Japonesa, assim como a edição subsequente também de Womack & Jones “*Lean Thinking*” de 1996, onde são indicados os cinco princípios da filosofia *Lean*, sendo estes:

- **Valor:** Identificar o que gera e o que não gera valor na perspetiva do cliente, sendo que tudo o que não corresponde aos requisitos do cliente deve ser eliminado;
- **Fluxo de Valor:** Definir os passos necessários para fabricar o produto ao longo da linha de produção e eliminar desperdícios;
- **Fluxo contínuo:** Criar um fluxo de produção contínuo sem interrupções, sem esperas e sem stocks;
- **Produção pull:** Produzir apenas as quantidades solicitadas pelo cliente, eliminando a acumulação de stocks;
- **Perfeição:** Focar na melhoria contínua, também conhecida por Kaizen, procurando a eliminação de desperdícios e a criação de valor.

A concretização destes princípios é conseguida recorrendo a várias ferramentas, nomeadamente, VSM, 5S, Kaizen, Kanban, entre outras (Melton, 2005) e através da reformulação do espaço físico do sistema de produção, desenvolvendo *layouts* com fluxos diretos.

2.1.2 Os Sete Desperdícios

A implementação dos princípios *Lean* numa organização deve, em primeiro lugar, permitir identificar a cadeia de valor do produto e identificar as atividades de valor acrescentado. As atividades são divididas em três grupos:

- **Atividades de valor acrescentado:** Inclui todas as atividades indispensáveis para a transformação das matérias-primas e tudo aquilo que o cliente está disposto a pagar, por exemplo corte, solda, etc;



- **Atividades sem valor acrescentado:** São as atividades que não acrescentam valor ao produto e pelas quais o cliente não está disposto a pagar mais, por exemplo espera de componentes, movimentações dos operários;
- **Actividades necessárias mas sem valor acrescentado:** Abrange todas as atividades que são necessárias para finalizar o produto, mas que não acrescentam valor, por exemplo o transporte, inspeção, etc.

Segundo Sahoo et al., (2008) cerca de 5% das atividades acrescentam valor, 60% não acrescentam valor e 35% não acrescentam valor mas são indispensáveis para a entrega do produto.

Depois de observadas as várias atividades, é possível identificar os desperdícios produzidos em cada uma delas. Ohno (1997) caracteriza o sistema identificando os sete tipos de desperdícios (Figura 1):

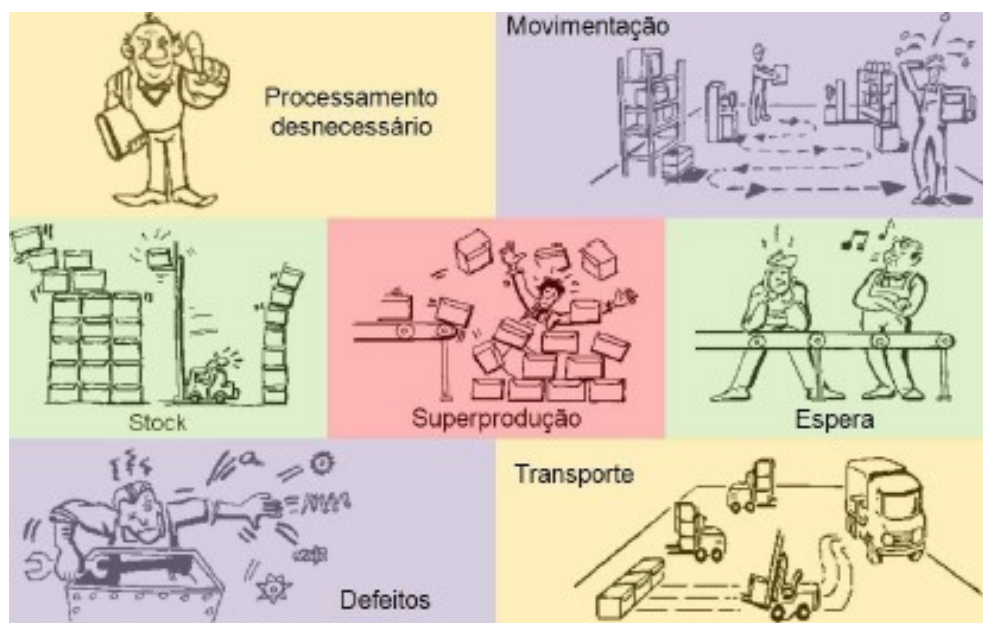


Figura 1 - Os sete desperdícios

- **Sobreprodução:** Produzir mais do que o necessário ou produzir antes do momento em que são necessários os artigos. Este desperdício é reconhecido como o pior dos desperdícios, na medida em que tem influência direta nos restantes.
- **Stocks:** Acumulação de matérias-primas, componentes e produtos acabados em qualquer ponto do processo produtivo. A existência de stocks gera outros desperdícios como transportes de materiais e movimentações de operadores.



- **Esperas:** Períodos de tempo em que os recursos ou a informação não se encontram disponíveis quando são necessários. As esperas podem resultar de avarias de equipamentos, de falta de material e de setups.
- **Defeitos:** Não conformidades existentes nos produtos, resultantes de problemas de qualidade. Os defeitos originam problemas como a insatisfação dos clientes e a necessidade de retrabalho.
- **Sobrepocessamento:** Repetição de um processo ou operação que foi inicialmente realizado de forma errada. Este desperdício resulta de falta de formação dos operadores, inexistência de normalização do trabalho, falhas de comunicação e utilização incorreta de ferramentas ou equipamentos.
- **Movimentações:** Movimentos efetuados pelos operadores que não acrescentam valor ao produto, tais como procurar ferramentas, procurar documentos ou tirar dúvidas. As movimentações desnecessárias dos operadores resultam da falta de organização dos postos de trabalho, de *layouts* inadequados, de más condições ergonómicas e da disposição incorreta de equipamento.
- **Transportes:** Deslocações de materiais ou informação de um certo ponto do espaço fabril para outro, processo este que não acrescenta valor ao produto. Assim, é necessário reduzir o número de transportes e reduzir as distâncias percorridas em cada transporte.

Como se pode constatar, os desperdícios produzidos numa empresa são variados e dependem do ramo de trabalho. Os desperdícios têm relação direta com o aumento de:

- Tempos de percurso;
- Custos de não qualidade;
- Falha na entrega dos produtos;
- Falha no abastecimento dos materiais;
- Reclamações;
- Consumo de materiais;
- Consumo de recursos;
- Emissão de CO₂;
- Perda de imagem;
- Perda de clientes.



2.2 Value Stream Mapping

Value Stream Mapping (VSM) é uma ferramenta orientada para a visualização dos processos, esquematizando os fluxos de materiais e de informação (Rother e Shook, 1999). Tem como objetivo representar toda a cadeia de valor, desde a matéria-prima que é entregue pelos fornecedores até à expedição do produto final para os clientes (Womack & Jones, 1996).

Para a realizar o VSM é necessário identificar a família de produtos a analisar, construir o VSM do estado atual e de seguida elaborar o VSM do estado futuro, por último é necessário criar um plano de trabalhos e de implementação.

Utiliza-se uma simbologia própria para criar um VSM, conforme a Figura 2.

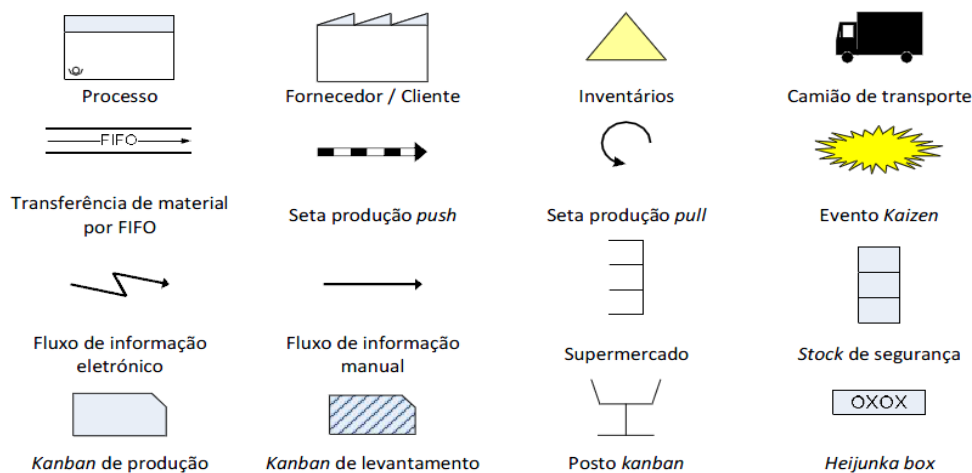


Figura 2 - Simbologia VSM

Esta ferramenta reúne uma série de vantagens, entre as quais:

- Melhora a percepção do fluxo de valor de toda a organização;
- Melhora a visualização da relação entre processos e fluxo de materiais e informação entre eles.
- Facilita a deteção de desperdícios e as suas causas;
- Distingue as atividades que acrescentam valor das que não acrescentam;
- Facilita o encontro de oportunidades de melhoria.

2.3 Waste Identification Diagram

Com o objetivo de melhorar o desempenho das organizações, vários autores definiram métodos de representação gráfica para ajudarem as organizações a implementarem a cultura *Lean*, em que geralmente é utilizado o *Value Stream Mapping* para representar a cadeia de valor de um determinado



produto, ou família de produtos, e conseqüentemente identificar desperdícios. No entanto, esta ferramenta apresenta algumas limitações, como a dificuldade em transmitir os resultados obtidos a outras pessoas, quando estas não estão familiarizadas com a metodologia.

Posto isto, surge uma ferramenta de fácil compreensão, o *Waste Identification Diagram* (WID), que permite a descrição das unidades de produção, destacando visualmente os principais problemas que impedem as empresas de alcançar os fluxos de produção pretendidos (Sá e tal., 2011).

O WID é uma nova ferramenta de análise da cadeia de valor de produtos e está ainda em fase de desenvolvimento no Departamento de Produção e Sistemas da Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Esta ferramenta tem como objetivo colmatar algumas falhas existentes no VSM. Sá et al. (2011) referem que o WID, ao contrário do VSM, permite a representação de várias famílias de produtos em simultâneo e não de apenas uma família. A principal limitação que estes autores apontam é o tamanho do diagrama.

O WID é uma ferramenta que utiliza uma notação gráfica simples que permite um diagnóstico visual imediato dos desperdícios mais relevantes. Estes desperdícios podem ser de materiais ou de mão de obra.

De forma a identificar os desperdícios de mão de obra, recorre-se à amostragem do trabalho. Para que a mesma seja eficaz, é necessário que o analista prepare muito bem a forma como as amostragens vão ser levadas a cabo. Este deve gastar algum tempo a observar a produção e as pessoas envolvidas com o objetivo de:

- Classificar os tipos de operações (com ou sem valor acrescentado) que têm lugar nessa unidade produtiva.
- Conhecer os tipos de rotinas dos operários.
- Conhecer as movimentações dos operários.
- Conhecer a que processos estão associados cada um dos operários e seus locais habituais.

Além desta observação é necessário definir o número de observações, como tal recorre-se ao seguinte cálculo:

Seja,

N- Número de observações

Z- Coeficiente retirado da tabela da distribuição normal padrão



P- Probabilidade estimada

E- Erro absoluto

$$N = \frac{Z^2 \times P}{E^2} \quad [2.1]$$

Depois de realizado o cálculo, está reunida toda a informação necessária para a elaboração do impresso (Figura 3) a preencher em cada observação, bem como a definição do percurso a ser percorrido, os pontos de paragem para observação e a estratégia de observação.

Plano de observação da unidade:									
Nº Obs	Data	Hora	Acrescenta valor	Movimentação	Transporte	Setup	Espera	Retrabalho	Outro
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Figura 3 - Exemplo de uma ficha usada para amostragem do trabalho

Os desperdícios de materiais são representados no diagrama do WID através de blocos e setas (Figura 4).

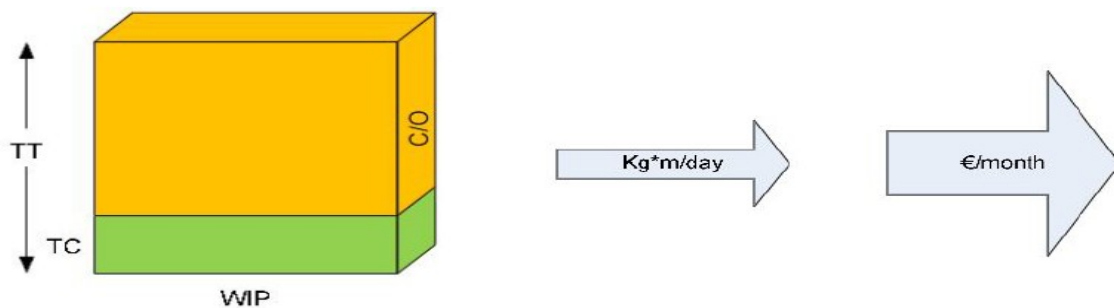


Figura 4 - Ícones utilizados no WID (Sá et al., 2011)

Nestes diagramas os blocos representam processos ou grupos de processos e devem ser ligados entre si através de setas, que representam os transportes que ocorrem entre processos.

A dimensão do bloco é variável e depende de quatro variáveis (Sá et al., 2011):

- **Takt-Time (TT):** corresponde ao ritmo da produção necessário para satisfazer a procura (*takt* tem origem na palavra alemã que indica ritmo/compasso), ou seja, é o quociente entre o tempo de produção disponível pelo número de unidades que a procura determina. A procura



diária do cliente é determinada através do quociente da quantidade anual pelos dias de trabalho no ano. Enquanto o *takt-time* é uma característica do mercado, o tempo de ciclo é uma característica da unidade produtiva.

$$PDC = \frac{QA}{DTA} \quad [2.2]$$

$$TT = \frac{MTD}{PDC} \quad [2.3]$$

- **Tempo de Ciclo (TC):** Tempo necessário para a realização de um artigo, ou seja, o tempo de ciclo pode ser definido como o intervalo de tempo entre duas unidades consecutivas a serem produzidas por uma máquina, um posto de trabalho ou uma unidade produtiva. O tempo de ciclo só consegue responder à procura se for menor ou igual ao *takt-time*. O TC é o inverso da taxa de produção e é frequentemente medido em segundos ou minutos.
- **Work-In-Process (WIP):** Quantidade de artigos que se encontram em curso de fabrico (em espera) para serem processados numa máquina, num posto de trabalho ou num sistema produtivo. É muito comum a existência de inventários de produtos entre os postos de trabalho devido ao desequilíbrio dos tempos de ciclo dos postos, avarias ou falta de matérias-primas. São estes inventários que se designam por *Work-in-Process (WIP)* e são produtos que já não são matérias-primas mas ainda não são produtos acabados. Em sistemas complexos, a determinação do WIP deverá ser obtido pela média do seu valor através de observações efetuadas em períodos de normalidade de produção.
- **Tempo de *Changeover* (C/O):** Tempo de preparação de uma máquina (*setup/changeover*) quando se muda de artigo. A obtenção desta informação deverá ser efetuada durante a realização da atividade de preparação do equipamento de forma a retratar o seu valor real. Sempre que os tempos de *setup/changeover* não sejam constantes deverá ser usado um valor representativo, o qual poderá ser determinado pela média.

Para medir o TT e TC são utilizadas unidades de tempo por peça. Em relação ao WIP do processo, a unidade de medida pode ser número de peças, peso, comprimento, volume ou valor. Por fim, a profundidade do bloco representa o C/O, sendo medido em unidades de tempo.

Quanto às setas, o comprimento destas é secundário, sendo importante apenas a largura que corresponde ao esforço de transporte. Este esforço pode ser representado em partes*m, kg*m, custo (€) ou outra unidade de medida que se possa adequar à situação.



2.4 Comparação do WID com o VSM

Comparando as duas ferramentas, é possível verificar várias diferenças. O primeiro impacto é provocado pelo WID resultante das suas capacidades visuais, uma vez que permite identificar facilmente os principais desperdícios.

Os fluxos de produção são bem definidos e as informações de cada posto de trabalho é clara e concisa, permitindo uma rápida perceção do número de operadores e outras importantes medidas de desempenho, tais como *takt-time*, tempo de ciclo e tempo de *setup*. No caso do VSM, para visualizar esse tipo de informação é necessário mais tempo, bem como analisar em detalhe as especificidades de cada posto de trabalho. Por exemplo, no VSM, para identificar a quantidade de WIP em cada posto de trabalho é necessário verificar a informação escrita no triângulo da simbologia do VSM, enquanto no WID esta informação está representada numericamente pela largura do bloco. O conjunto de informação do VSM é mais confusa e a utilização de vários símbolos pode levar a uma falta de compreensão das pessoas não familiarizadas com a ferramenta. Ao passo que no WID a simplificação da simbologia facilita o processo de compreensão e a identificação de desperdícios.

O tipo de informação que é dada sobre os diversos desperdícios tem impactos diferentes no VSM e no WID, conforme demonstra a Tabela 1.

Tabela 1 - Eficácia na identificação dos tipos de desperdícios

Tipo de Desperdício	VSM	WID
Inventário	Médio	Alto
Excesso de Produção	Baixo	Baixo
Transporte	Não existe	Alto
Defeitos	Não existe	Baixo
Excesso de Processamento	Não existe	Não existe
Movimentações	Não existe	Alto
Esperas	Não existe	Alto

Ambas as ferramentas evidenciam os desperdícios de inventário, contudo o WID consegue mostrar de uma forma mais eficiente, devido à sua capacidade visual.

Relativamente ao excesso de produção, tanto o VSM como o WID não conseguem identificar claramente este tipo de desperdício, uma vez que se torna difícil avaliar se o inventário existente entre os postos de trabalho é mais do que o mínimo necessário para satisfazer a procura dos clientes.



No VSM, o desperdício associado ao transporte é representado por uma seta, não sendo quantificado. Enquanto que, no WID, o esforço de transporte não é apenas representado por uma seta, como também tem um valor associado.

Quanto aos defeitos, o WID é capaz de os mostrar num gráfico associado, desde que as operações de retrabalho sejam consideradas nas observações da amostra de trabalho.

O excesso de processamento é muito difícil de identificar, a menos que exista um controlo minucioso de todas as operações ao longo do sistema produtivo. Este tipo de desperdício não é considerado em qualquer uma das alternativas da tabela.

A movimentação é um desperdício que está associado apenas a pessoas, sendo geralmente um desperdício com elevada percentagem.

Finalmente, em relação aos desperdícios com esperas, estes dizem respeito a períodos de tempo em que os materiais, os recursos ou a informação não se encontram disponíveis quando são necessários. As esperas podem resultar de avarias de equipamentos, de falta de material e de *setups*. Apenas é possível visualizar no WID.

No WID, ao contrário do que acontece no VSM, é possível representar várias famílias de produtos e as respetivas rotas. No VSM, embora sejam representadas as várias rotas, apenas o fluxo principal é contabilizado para a análise do *lead-time*. Para analisar tudo em detalhe, seria necessário criar um VSM para cada rota de produção. Esta questão não se coloca no WID, já que é possível representar as rotas principais e secundárias. Onde a representação das principais rotas entram de lado no bloco e as rotas secundárias são inseridas a cima ou em baixo do bloco.

2.5 Indicadores de Desempenho

Existem diversas definições para o termo indicador na bibliografia consultada. Segundo Souza et al. (1994), os indicadores consistem em expressões quantitativas que representam uma informação concebida a partir da medição e da avaliação de uma estrutura de produção, dos processos que a compõem e dos produtos resultantes. Desta forma, os indicadores constituem instrumentos de apoio à tomada de decisão relativamente a uma determinada estrutura, processo ou produto. Destacam-se ainda as seguintes definições:



- “Um indicador é uma relação matemática que mede, numericamente, atributos de um processo ou dos seus resultados, com o objetivo de comparar esta medida com metas numéricas, pré-estabelecidas”. (FPNQ, 1995)
- “Indicadores são elementos que medem níveis de eficiência e eficácia de uma organização, ou seja, medem o desempenho dos processos produtivos, relacionados com a satisfação dos clientes”. (De Rolt, 1998).

Deste modo, um indicador de desempenho representa um resultado atingido em determinado processo ou característica do produto final resultante. Refere-se ao comportamento do processo ou produto em relação a determinadas variáveis. Estes indicadores caracterizam condições como o custo de determinado processo, o lucro e a conformidade dos produtos (Souza et al., 1994).

Como foi referido anteriormente, existem vários tipos de indicadores de desempenho. De seguida, serão expostos individualmente cada indicador abordado no âmbito do projeto.

2.5.1 Produtividade

A produtividade é uma medida de eficiência, determinada através da razão entre o valor ou a quantidade de produtos que conseguimos obter e a quantidade de recursos que são usados para isso. Dado que os colaboradores da produção são elementos valiosos, a produtividade é entendida como a relação entre quantidade ou valor dos produtos produzidos e as horas de mão de obra gastas para produzir.

Existem alguns fatores que podem influenciar esta medida de desempenho como por exemplo: avarias nas máquinas, problemas de qualidade, falta de matéria-prima, etc. Posto isto, algumas empresas optam por calcular a produtividade apenas com os produtos vendidos.

$$Produtividade = \frac{Quantidade\ Anual}{Número\ de\ Operários} \quad [2.4]$$

2.5.2 Taxa de utilização da mão de obra

A taxa de utilização da mão de obra (TUMDO) é a relação entre o tempo de ciclo e o tempo em que a mão de obra disponível está acrescentar valor ao produto para satisfazer a procura. Trata-se então de um indicador percentual de utilização de um posto de trabalho relativamente ao *Takt-Time* do sistema de que faz parte.

Este indicador permite saber a percentagem que os operários acrescentam valor ao produto.



$$TUMDO = \frac{\textit{Tempo de Ciclo}}{\textit{Takt Time}} \times 100\% \quad [2.5]$$

2.5.3 Tempo de atravessamento médio total

O tempo de atravessamento (*Flow Time* ou *Throughput Time*) de um artigo corresponde ao tempo que esse artigo demora a atravessar o sistema produtivo em questão, ou seja, é o tempo que em média um artigo demora, desde que chega ao ponto inicial do sistema em análise até ao momento em que sai desse sistema. Este tempo inclui os tempos de processamento em cada posto de trabalho e o tempo em que o artigo se encontra em espera.

$$\textit{Tempo de Atravessamento} = \sum (\textit{Tempo de Ciclo} \times \textit{WIP}) \quad [2.6]$$

2.5.4 Esforço de transporte

O esforço de transporte é um indicador que tem por objetivo avaliar e identificar os desperdícios com transportes. Define-se então como o esforço requerido num determinado período para transportar todos os produtos desde o fornecedor até ao cliente.

$$\textit{Esforço de Transporte} = DP \times PDC \quad [2.7]$$

2.5.5 Número de Acidentes

É um indicador que se baseia na medição da ocorrência de acidentes. Este é um indicador simples e fácil de calcular desde que as ocorrências de acidentes tenham sido comunicadas e registadas. A título de exemplo, caso ocorra um acidente, o trabalho pode parar nesse posto de trabalho, por conseguinte, a motivação do trabalhador pode baixar e a produtividade irá com certeza diminuir.



3. DIAGNÓSTICO DO ESTADO ATUAL DO SISTEMA PRODUTIVO

Este capítulo apresenta a descrição e o diagnóstico da situação atual dos centros de transformação da empresa, durante o qual foram identificados os problemas a resolver. Os problemas foram evidenciados através da filosofia *Lean*, recorrendo ao WID. Após a análise, utilizando a ferramenta enunciada, foi possível identificar desperdícios relacionados com transportes, movimentações e esperas.

3.1 Produtos

Os produtos fabricados pela empresa são executados, na maioria dos casos, segundo uma encomenda de um cliente ou a realização de um projeto elaborado nas instalações cumprindo os requisitos do cliente. Quando é elaborado um projeto, são efetuados os desenhos técnicos e cálculos necessários para o dimensionamento e resistência das matérias-primas a utilizar. Segundo Oden (1994), este modo de atuação é utilizado em empresas que produzem quantidades reduzidas, mas com elevadas variedades de produtos. Esta situação é aplicada em metalomecânicas, construção de edifícios e navios.

A Tabela 2 representa as categorias de produtos realizados na empresa:

Tabela 2 - Produtos fabricados

Vigas	PRS
Pilares	Escadas
VRS	Construção Soldada
Vigas Treliças	Guardas
Contraventamentos	Madres de Cobertura
Vigas Padieiras	Tirantes
Acessórios	Chumbadouros

Consoante o exposto na Tabela 2, serão apresentados na Figura 5 alguns exemplos de produtos fabricados pela bysteel, tais como VRS (1 e 2), vigas (3), etc.



Figura 5 - Exemplos de produtos fabricados



3.2 Descrição do Sistema Produtivo

A bysteel encontra-se vocacionada para o fabrico de estruturas metálicas de média e grande dimensão, cujo interior das suas instalações se encontra dotado de tecnologia de ponta, possuindo máquinas de corte de chapa e perfis, qualquer que seja a sua dimensão e secção, equipamentos automáticos de soldadura de vigas construídas de secção variável e equipamentos de arco submerso. Todo o processo de fabrico é analisado e projetado com recurso aos mais avançados meios informáticos para adequar as soluções construtivas aos métodos de fabrico.

A disposição dos diferentes centros de trabalho e das respetivas máquinas, bem como o fluxo de materiais, podem ser observados na Figura 6.

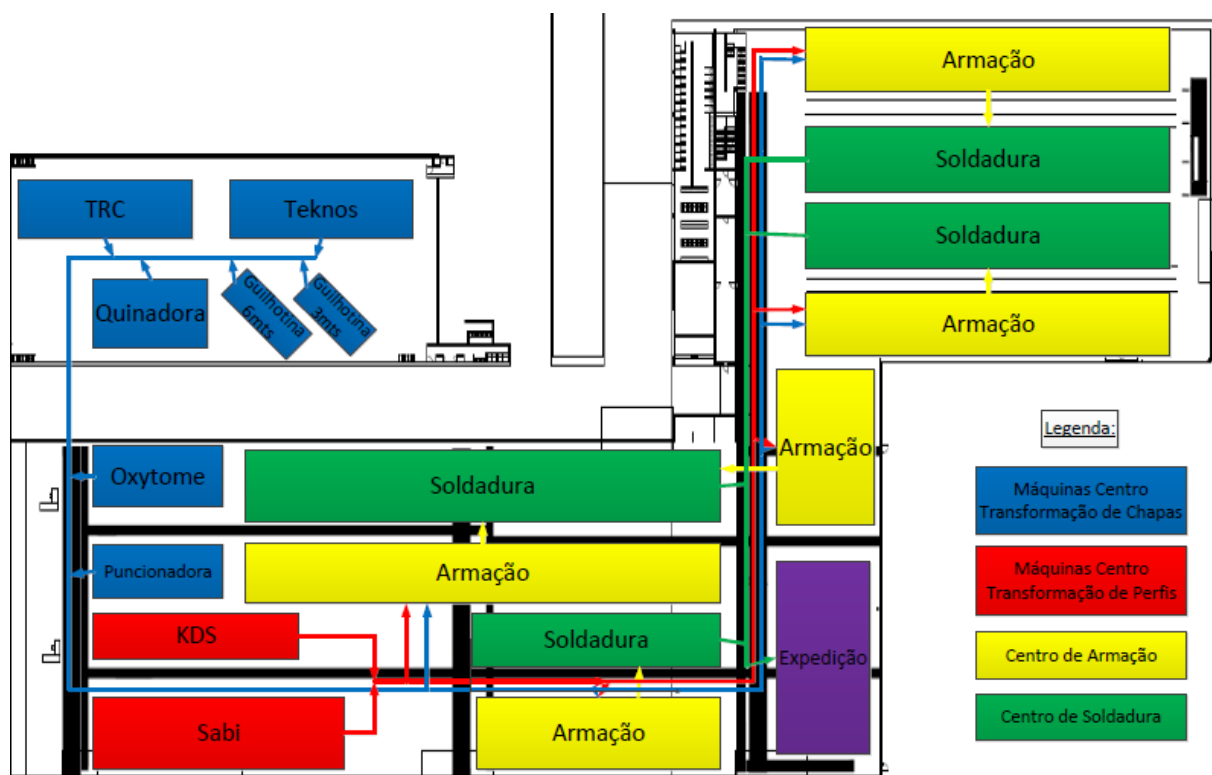


Figura 6 - Layout

O fluxo de materiais pode ser observado através das setas existentes no *layout*, onde podemos identificar os vários centros de transformação e como é realizada a transposição de materiais entre os mesmos, ou seja, é possível observar o caminho percorrido desde a matéria-prima até ao produto final.

Podemos constatar, então, que a matéria-prima depois de transformada no CTC e CTP segue para o CA como produto intermédio, onde é armado conforme os desenhos técnicos, para de seguida ser soldado no CS e quando finalizado ser enviado para a zona de expedição.



3.2.1 Centro de Transformação de Chapas

O corte de chapas é realizado no Centro de Transformação de Chapa (CTC), sendo que neste trabalham 7 operários, distribuídos por 7 máquinas diferentes que permitem o corte de vários tipos de chapa, com espessuras e dimensões diferentes, de forma a responder às necessidades dos vários projetos que executa.

Este centro é composto por máquinas de corte automáticas em que a programação e otimização do corte são feitas através de programação *offline*, realizada pelo técnico oficial de fabrico no departamento de produção industrial e de seguida enviadas para as máquinas que se encontram no chão de fábrica.

3.2.2 Centros de Transformação de Perfis

No Centro de Transformação de Perfis (CTP), é realizado o corte de perfis, este encontra-se dotado de 2 máquinas, que permitem o corte e furação de perfis de dimensões e espessuras de diferentes tipos. Neste centro de transformação trabalham quatro operários. Na fase inicial do projeto, a programação e otimização do corte eram realizadas nas máquinas, desta forma a programação *offline* não era utilizada. Esta situação foi identificada como uma proposta de melhoria que será abordada e explicada de forma mais aprofundada no capítulo seguinte.

3.2.3 Centro de Armação

O Centro de Armação (CA) tem como principal função a armação de peças, isto é, a junção de chapas e perfis através de pingos de solda, criando a forma pretendida no projeto, de acordo com o desenho técnico. Outro trabalho realizado neste centro é a limpeza de chapa, em que as chapas são limpas de forma a poderem passar para o centro seguinte, onde são soldadas. Neste centro trabalham 25 serralheiros.

3.2.4 Centro de Soldadura

O Centro de Soldadura (CS) é a última etapa de fabrico, em que as peças que foram armadas no centro a montante são soldadas. A soldadura utilizada varia com o projeto em questão e com as exigências do cliente. Este centro é dotado de vários equipamentos de soldadura e por 12 soldadores.



3.3 WID

Foi realizado um WID de forma a representar todo o fluxo produtivo existente na fábrica, bem como a permitir um diagnóstico visual imediato dos desperdícios mais relevantes.

Assim sendo, criou-se o diagrama com a identificação dos 4 centros de trabalho analisados. Foi necessário recolher e calcular alguma informação de forma a ser possível construir o WID atual da empresa, com vista à identificação dos desperdícios.

Os tempos de setup (C/O) e da quantidade de WIP foi consultado nos planeamentos realizados no departamento de produção industrial.

O esforço de transporte foi identificado através de setas, utilizando-se como unidade de medida ton*m/dia. Para a representação dos blocos neste diagrama é também necessário conhecer o *Takt Time* (TT) e Tempo de Ciclo (TC) de cada centro, sendo que o TC é fornecido pela empresa.

De forma a efetuar o cálculo do *Takt-Time* foi necessário fazer em primeiro lugar o cálculo da procura diária e de seguida calcular então o TT.

Neste projeto, a construção do WID foi feita com base nos 4 centros de transformação da empresa, cada bloco corresponde a um centro de transformação.

No CTC foram realizados os seguintes cálculos, que nos permitiram chegar ao bloco apresentado na Figura 7.

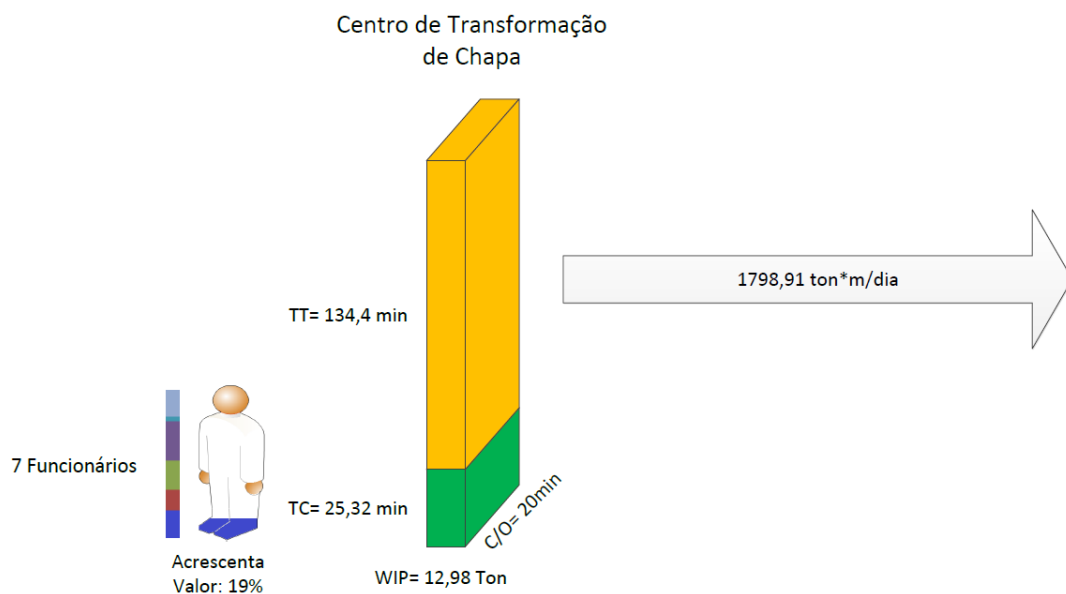


Figura 7 - Bloco do WID do CTC



Para se obter o bloco, foi necessário fazer primeiro o cálculo da procura diária do cliente do CTC (Equação 2.2), para depois calcular o *Takt-Time* (Equação 2.3).

$$PDC = \frac{QA}{DTA} = \frac{1222,495}{288} = 4,24 \text{ ton/dia}$$

$$TT = \frac{MTD}{PDC} = \frac{570}{4,24} = 134,4 \text{ min}$$

O TC do CTC é de 25 minutos e 32 segundos.

Por último, efetuou-se o cálculo do esforço de transporte (Equação 2.7), para tal foi necessário medir a distância que os materiais percorrem desde o CTC até ao CA.

$$ET = DP * PDC = 424,271 * 4,24 = 1798,909 \text{ ton} * m/dia$$

À semelhança do que foi feito no CTC, no CTP foram utilizadas as mesmas fórmulas para obter os resultados que serão apresentados de seguida, e que figuram na imagem (Figura 8).

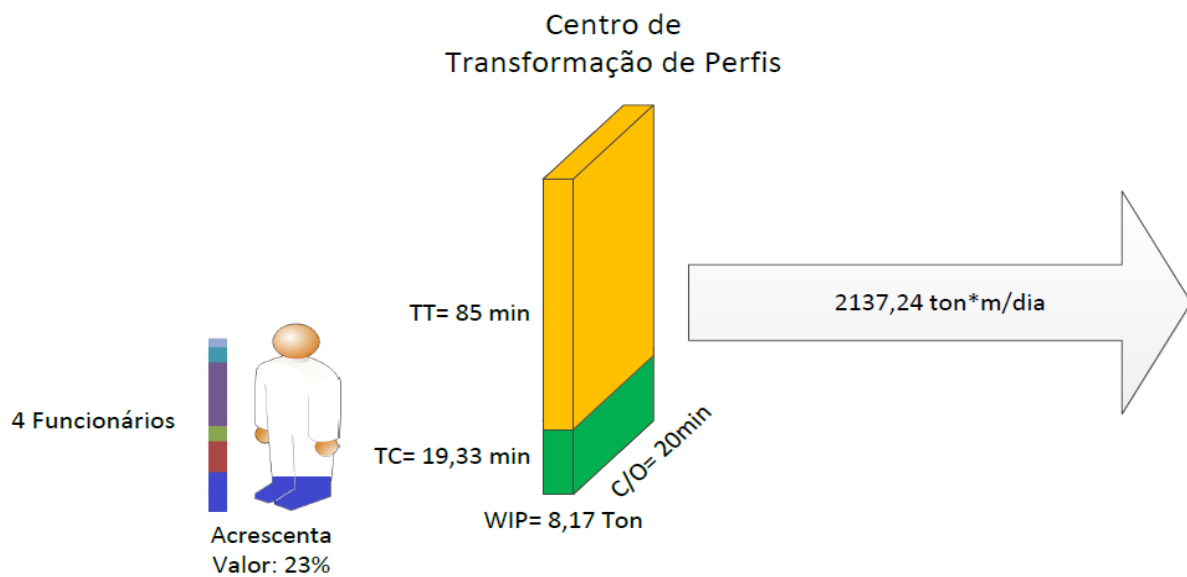


Figura 8 - Bloco do WID do CTP

$$PDC = \frac{QA}{DTA} = \frac{1936,624}{288} = 6,72 \text{ ton/dia}$$

$$TT = \frac{MTD}{PDC} = \frac{570}{6,72} = 85 \text{ min}$$

O TC do CTP é de 19 minutos e 33 segundos.

$$ET = DP * PDC = 318,041 * 6,72 = 2137,24 \text{ ton} * m/dia$$



Da mesma forma, no CA foram realizados os seguintes cálculos que nos permitiram chegar à Figura 9.

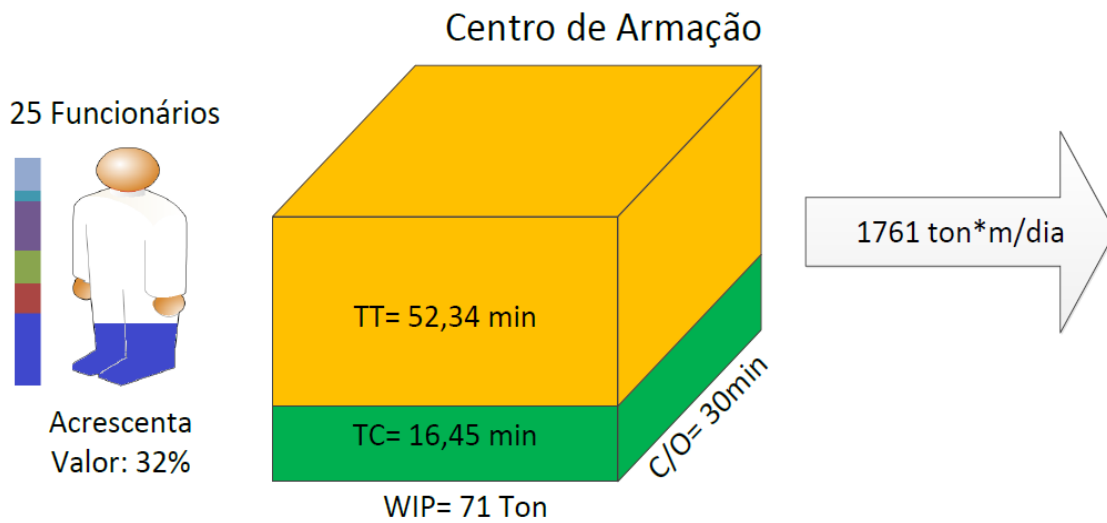


Figura 9 - Bloco do WID do CA

$$PDC = \frac{QA}{DTA} = \frac{3136,587}{288} = 10,89 \text{ ton/dia}$$

$$TT = \frac{MTD}{PDC} = \frac{570}{10,89} = 52,34 \text{ min}$$

O TC do CA é de 16 minutos e 45 segundos.

$$ET = DP * PDC = 161,708 * 10,89 = 1761 \text{ ton} * m/dia$$

Finalmente e à semelhança dos blocos anteriores, com recurso às mesmas fórmulas, foram obtidos os seguintes resultados (Figura 10).

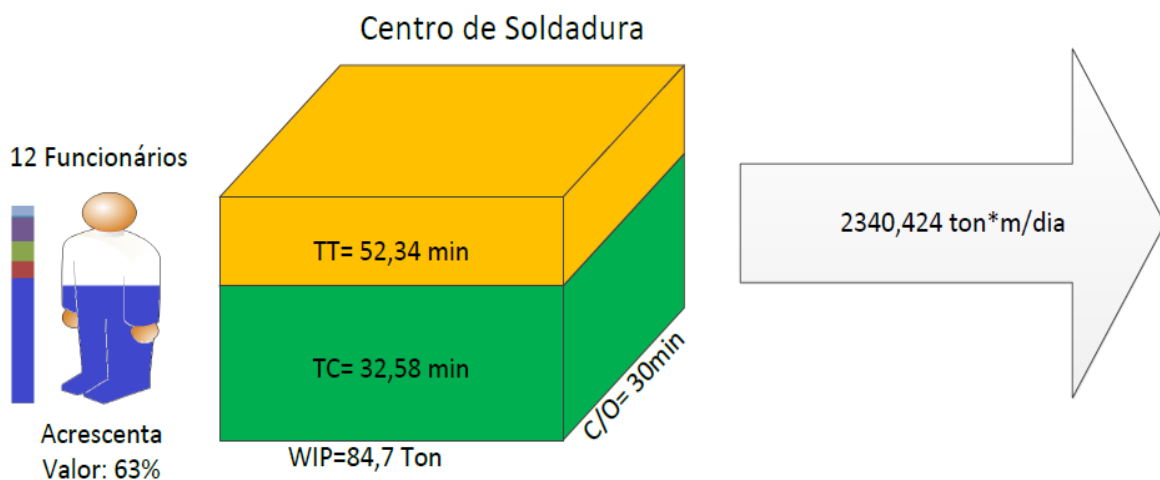


Figura 10 - Bloco do WID do CS



$$PDC = \frac{QA}{DTA} = \frac{3136,587}{288} = 10,89 \text{ ton/dia}$$

$$TT = \frac{MTD}{PDC} = \frac{570}{10,89} = 52,34 \text{ min}$$

O TC do CS é de 32 minutos e 58 segundos.

$$ET = DP * PDC = 214,915 * 10,89 = 2340,424 \text{ ton} * m/dia$$

Fazendo um apanhado do que foi dito até aqui, foi possível reunir toda a informação que nos permitiu construir o diagrama do WID do sistema produtivo da empresa em análise, onde constam os vários centros de transformação (Figura 11).

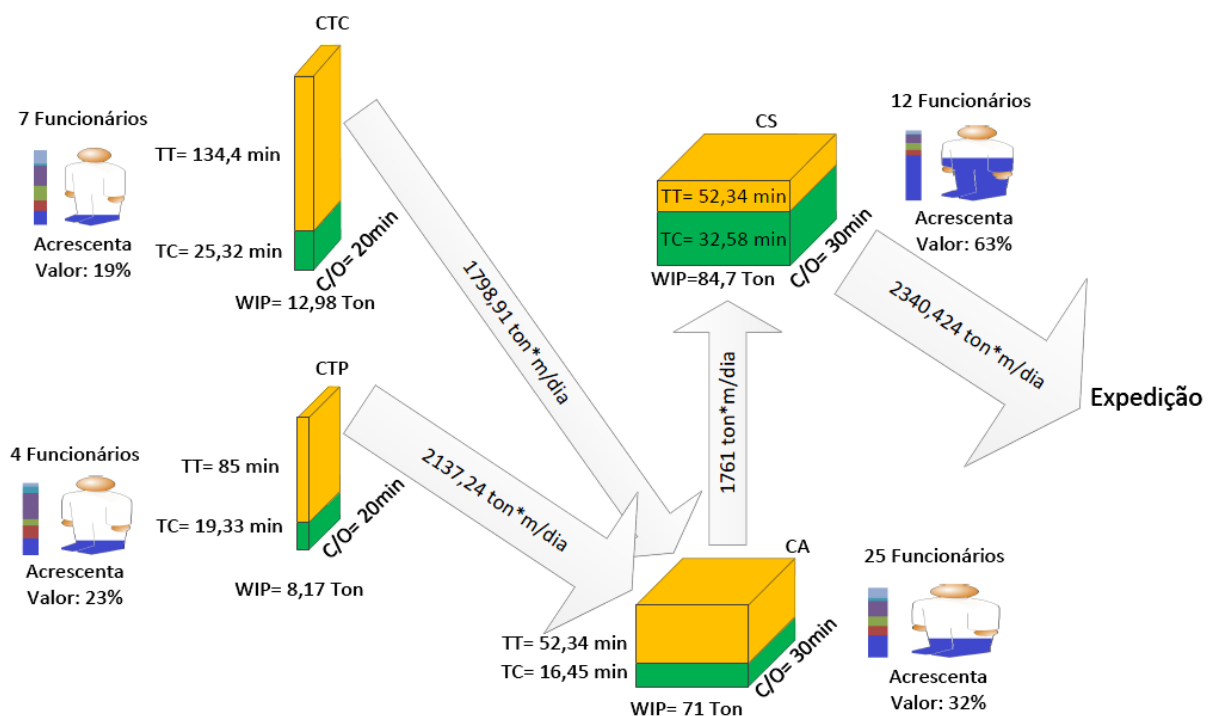


Figura 11 - WID

Através da análise do WID podemos identificar vários problemas. Estes são:

- Má utilização da mão de obra;
- Grandes distâncias percorridas, o que se traduz em esforço de transporte elevado;
- WIP elevado no CA e no CS.



3.4 Plano de Observações

Foi necessário observar a percentagem de ocupação do tempo de cada operador nos centros de trabalho em análise, para perceber qual a percentagem de tempo que o operador acrescenta valor. Assim, foram criados gráficos de afetação do recurso mão de obra, indicando os seguintes tipos de tarefas: acrescenta valor, espera, movimentações, retrabalho, setup, transporte e outro (atividade que não acrescenta valor e que difere das outras).

Para efectuar a análise, foi necessário realizar o seguinte cálculo (Equação 2.1), de forma a saber o número de observações a realizar.

$$N = \frac{1.96^2 * 15.5}{0.10^2} = 60 \text{ observações}$$

De seguida, foi criada uma tabela de recolha de dados com a indicação destes tipos de tarefas. Na Figura 12, encontra-se um excerto de uma das tabelas criadas.

Plano de observação da unidade: CTC										
Nº Obs	Data	Hora	Acrescenta valor	Movimentação	Transporte	Setup	Espera	Retrabalho	Outro	Σ
1	05-02-2013	09:30:00			1	2				3
2	05-02-2013	10:30:00			1	1	1			3
3	05-02-2013	11:00:00	1		2	1				4
4	05-02-2013	11:15:00	2			2				4
5	05-02-2013	13:30:00	1		3	1				5
6	05-02-2013	14:10:00		1	1		1			3
7	05-02-2013	15:00:00	4	1	1					6
8	05-02-2013	15:40:00	1	1	1	1				4
9	06-02-2013	09:15:00			1	3				4

Figura 12 - Excerto do plano de observações do CTC

A informação obtida através dos planos de observação dos vários centros de trabalho foram de extrema importância, na medida em que nos foi possível saber qual a percentagem que os operadores acrescentam valor em cada centro de transformação. Esta informação pode ser observada através da Figura 13.

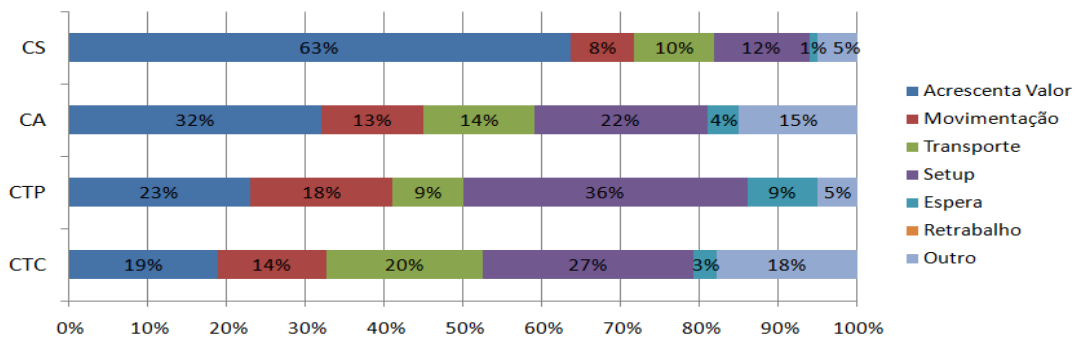


Figura 13 - Percentagem das tarefas realizadas pelos operadores nos diferentes centros



Na Figura 14, podemos observar também a percentagem de ocupação do tempo de todos os operadores na fábrica, nas diferentes tarefas que realizam.

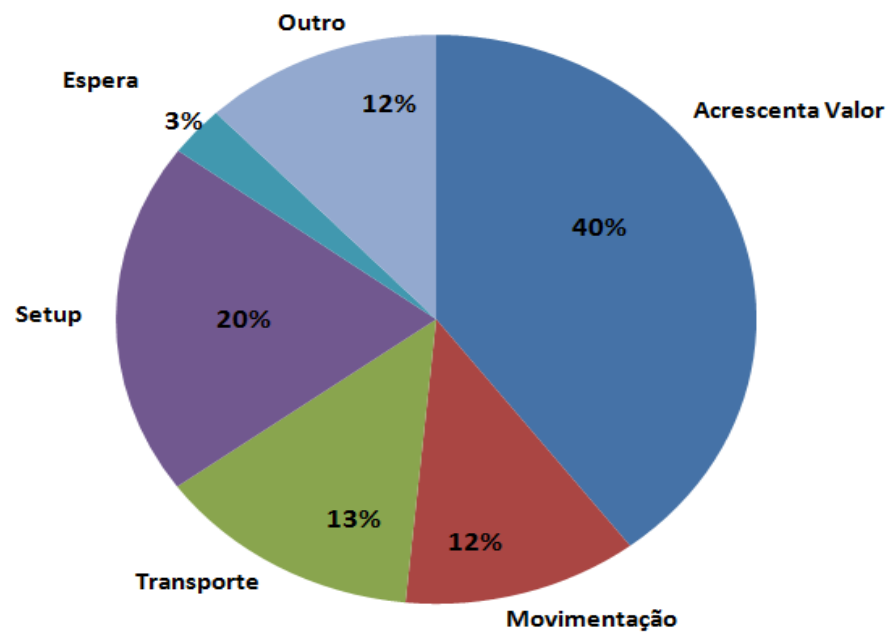


Figura 14 - Percentagem das tarefas realizadas pelos operadores

Através da especulação dos gastos anuais com os operadores do chão de fábrica, podemos ter uma ideia dos gastos que a empresa tem com cada tarefa realizada. Assumindo que cada operador recebe 800€/mês e que a empresa tem 48 operadores foi possível apurar os seguintes gastos (Figura 15).

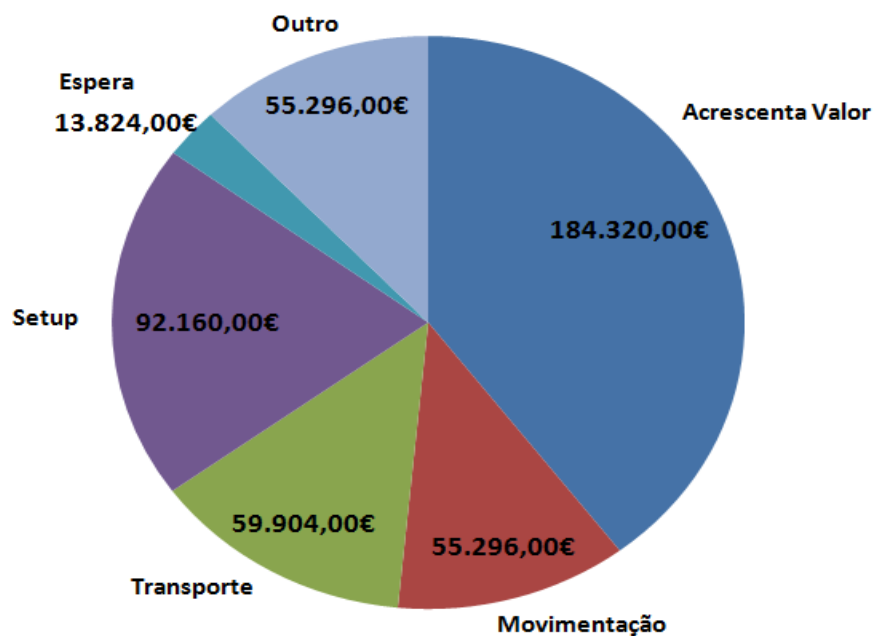


Figura 15 - Custo anual das tarefas realizadas pelos operadores



3.5 Análise ABC

A análise ABC é uma ferramenta utilizada para determinar os produtos que requerem maior atenção por parte da administração. Esta pode ser aplicada para análise de custos, qualidade, prazos, gestão de stocks, entre outros. Desta forma, a utilização da análise ABC vai permitir identificar quais os produtos que representam maior faturação para a empresa.

A análise ABC divide os produtos em três classes diferentes:

- **Classe A:** Corresponde a 20% dos produtos, mas equivale a 80% da faturação;
- **Classe B:** São produtos ainda importantes, mas cerca de 30% correspondem a 15% da faturação;
- **Classe C:** Nesta classe encontram-se a maioria dos produtos, cerca de 50%, mas só correspondem a 5% da faturação.

Após a realização da análise ABC (Tabela 3), foi possível identificar os produtos que requerem maior atenção neste projeto. Assim sendo, os produtos classificados por “produtos A” são: Vigas, Pilares e VRS.

Tabela 3 - Análise ABC aos produtos da empresa

	Valor Total	% Valor	% Valor Acumulado	% Produtos	% Produtos Acumulado	Classes
Vigas	8.304.709,24 €	36,84%	36,84%	7,14%	7,14%	A
Pilares	5.498.294,76 €	24,39%	61,24%	7,14%	14,29%	
VRS	3.495.647,01 €	15,51%	76,74%	7,14%	21,43%	
Vigas Trelças	1.530.963,99 €	6,79%	83,53%	7,14%	28,57%	B
Contraventamentos	793.429,13 €	3,52%	87,05%	7,14%	35,71%	
Vigas Padieiras	725.646,52 €	3,22%	90,27%	7,14%	42,86%	
Acessórios	676.153,12 €	3,00%	93,27%	7,14%	50,00%	
PRS	345.635,42 €	1,53%	94,81%	7,14%	57,14%	C
Escadas	344.010,96 €	1,53%	96,33%	7,14%	64,29%	
Construção Soldada	285.731,41 €	1,27%	97,60%	7,14%	71,43%	
Guardas	275.886,92 €	1,22%	98,82%	7,14%	78,57%	
Madres de Cobertura	99.579,61 €	0,44%	99,27%	7,14%	85,71%	
Tirantes	86.666,46 €	0,38%	99,65%	7,14%	92,86%	
Chumbadouros	78.652,62 €	0,35%	100,00%	7,14%	100,00%	

Conforme Tabela 4, os produtos da classe A são responsáveis por 76,74% do volume de vendas da empresa (Figura 27, Anexo I). No Anexo I é possível ainda visualizar a curva ABC (Figura 28).



Tabela 4 - Síntese da análise ABC

Classe	% Produtos	% Volume de Vendas
A	21,43%	76,74%
B	28,57%	16,53%
C	50,00%	6,72%

Após a identificação dos produtos, foi informado o Diretor de Produção e, em conjunto, foi decidido que estes seriam os produtos mais relevantes e merecedores de atenção, devido ao seu impacto na faturação da empresa.

3.6 Indicadores de Desempenho

Os indicadores de desempenho mencionados no ponto 2.5 foram calculados a partir da avaliação do sistema de produção da empresa, com vista à tomada de decisão acerca de determinado processo ou produto.

Devido à importância desta medida de desempenho e aos fatores que podem influenciar, tais como, avarias das máquinas, problemas de qualidade, falta de materiais, entre outros, é aconselhado o cálculo da produtividade recorrendo apenas aos produtos ou peças vendidas. Assim, calculou-se a **produtividade** através da fórmula seguinte (Equação 2.4):

$$Produtividade = \frac{QA}{N^{\circ}Operários} = \frac{3136,587}{48} = 65,35 \text{ ton/homem} * \text{ano}$$

A **taxa de utilização da mão de obra** foi alcançada através do cálculo da TUMDO (Equação 2.5) dos vários centros de transformação e, posteriormente, transformada em percentagem. Este indicador permite saber a percentagem que os operários acrescentam valor ao produto.

$$TUMDO_{ctc} = \frac{TC}{TT} = \frac{25,32}{134,4} = 0,188$$

$$TUMDO_{ctp} = \frac{TC}{TT} = \frac{19,33}{85} = 0,227$$

$$TUMDO_{ca} = \frac{TC}{TT} = \frac{16,45}{52,34} = 0,314$$

$$TUMDO_{cs} = \frac{TC}{TT} = \frac{32,58}{52,34} = 0,622$$

$$TUMDO \text{ média} = \frac{(0,188 + 0,227 + 0,314 + 0,622)}{4} \times 100\% = 33,8\%$$



Na bysteel apurou-se que a taxa de utilização da mão de obra ronda os 34%.

Interessa saber o **tempo de atravessamento** dos materiais, isto é, saber quanto tempo demoram a atravessar o sistema produtivo. Para tal foi realizada a seguinte fórmula (Equação 2.6):

$$\begin{aligned}TAMT &= (WIP_{ctc} * TT_{ctc}) + (WIP_{ca} * TT_{ca}) + (WIP_{cs} * TT_{cs}) \\ &= (12,98 * 134,4) + (71 * 52,34) + (84,7 * 52,34) = 9893,85 \text{ min}\end{aligned}$$

Relativamente ao **esforço de transporte (ET)**, o seu cálculo é de extrema importância para avaliar e identificar os desperdícios inerentes a este tipo de desperdício. Pode ser calculado da seguinte forma (Equação 2.7):

$$\begin{aligned}ETT &= ET_{ctc} + ET_{ctp} + ET_{ca} + ET_{cs} \\ &= 1798,91 + 2137,24 + 1761 + 2340,424 \\ &= 8037,57 \text{ ton} * m / \text{dia}\end{aligned}$$

O **número de acidentes** ocorridos na empresa no ano 2012 foram 6, o que originou 127 dias de trabalho perdidos por parte dos trabalhadores acidentados. Neste tipo de indicador, não se justifica a realização de cálculos, uma vez que é possível fazer a contagem dos mesmos através do número de ocorrências. Contudo, caso seja pertinente, pode-se averiguar o valor despendido pela empresa devido aos acidentes de trabalho registados.

3.7 Síntese dos Problemas Encontrados

Este ponto destina-se ao resumo dos problemas encontrados durante o período de diagnóstico do espaço fabril e centra-se, essencialmente, nos problemas que originam desperdícios com vista à redução ou, se possível, proceder à sua eliminação. Como referido anteriormente, através do WID foi possível observar e identificar os desperdícios mais relevantes, estes são:

- Má utilização da mão de obra;
- Grandes distâncias percorridas, o que se traduz em esforço de transporte elevado;
- WIP elevado no CA e no CS;

Através de observação de todas as etapas e intervenientes necessários para o fabrico dos produtos realizados na empresa, foi possível identificar outro conjunto de problemas e desperdícios, sendo estes:

- Dificuldade em identificar algumas cotas nos desenhos técnicos;



- Perda de tempo por parte do operador a programar a máquina com planos de corte;
- Elevadas sobras nas guilhotinas;
- Distribuição de material cortado insuficiente;
- Dificuldade em saber o que é prioritário no CS;
- Poluição na fábrica;
- Perda de tempo por parte do Técnico Oficial de Fabrico em retirar a informação necessária da lista de peças simples.

Para as situações descritas são apresentadas propostas de melhoria que visam reduzir e eliminar desperdícios. Assim, de forma a resolver os desperdícios identificados no WID, foi efectuada uma análise ABC aos produtos da empresa, com a finalidade de apurar quais os produtos com maior importância, isto é, aqueles que representam maior volume de vendas. Depois de realizada esta análise, foi pensado e proposto um layout com base nos produtos classificados por “Produtos A”, tendo em conta a redução das distâncias percorridas entre centros de transformação. No layout proposto, optou-se por um sistema de produção orientado ao produto, este tipo de produção foi proposto no fabrico dos “Produtos A”, mais propriamente na 2ª transformação (Armação e Soldadura).

No capítulo seguinte, será apresentado um conjunto de soluções aos problemas identificados através de observação, que aplicadas procuram aumentar a produtividade do sistema produtivo.





4. APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Este capítulo destina-se à apresentação de propostas de melhoria face aos problemas identificados e mencionados no capítulo anterior. Com isto, pretende-se reduzir ou eliminar os desperdícios existentes na produção.

4.1 *Layout* Proposto

Os materiais percorrem elevadas distâncias na fábrica, como tal é entendido como um desperdício de grande importância. Para tentar solucionar este problema, foi proposta como sugestão de melhoria a alteração de *layout*. Esta alteração teve em atenção os “produtos A”, encontrados a partir da análise ABC.

Relembrando que após a realização desta análise, os produtos identificados com maior relevância e merecedores de atenção neste projecto são a classe designada por “produtos A”, onde constam as vigas, pilares e VRS, devido ao seu impacto na faturação da empresa. Como tal, a proposta de alteração de *layout* foi pensada de forma reduzir as distâncias no fabrico destes produtos (Figura 16).

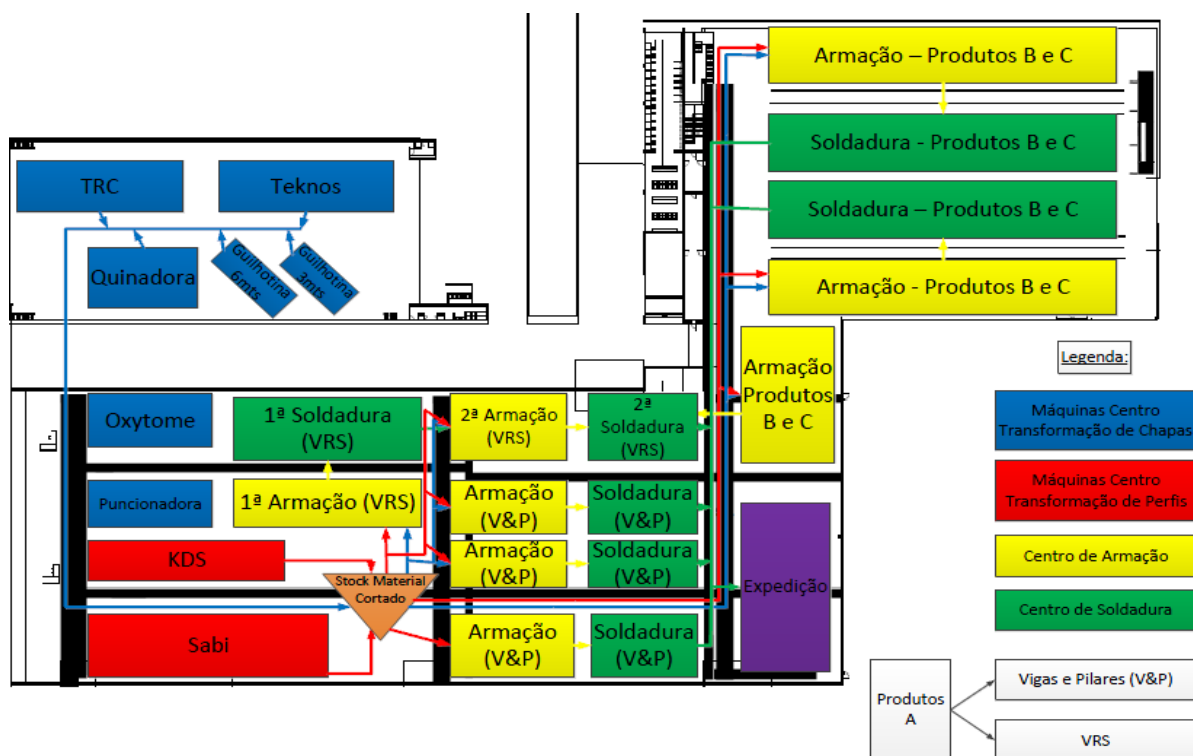


Figura 16 – *Layout* proposto



4.2 WID do *Layout* Proposto

Como foi referido anteriormente, foi sugerido uma alteração de *layout*. Esta alteração teve em consideração os produtos também já referidos como produtos A, pelo que o novo *layout* foi pensado de forma a reduzir distâncias entre os centros de trabalho e, conseqüentemente, reduzir os custos de transportes. Depois de realizada e apresentada a proposta, foi elaborado o WID do *layout* proposto, em que a alteração em relação ao *layout* atual se deve à redução de distâncias entre centros de trabalho e como tal o esforço de transporte sofre uma redução significativa.

Para se efetuar o cálculo do esforço de transporte dos vários centros de transformação do *layout* proposto foi necessário medir as distâncias percorridas.

Depois de medidas as distâncias percorridas no *layout* proposto, foi realizado o cálculo do esforço de transporte de cada centro de transformação (Equações 4.1, 4.2, 4.3, 4.4).

No CTC foi então realizado o seguinte cálculo, que nos permitiu chegar ao bloco apresentado na Figura 17.

$$ET = DP * PDC = 195,014 * 4,24 = 826,86 \text{ ton} * \text{m}/\text{dia} \quad [4.1]$$

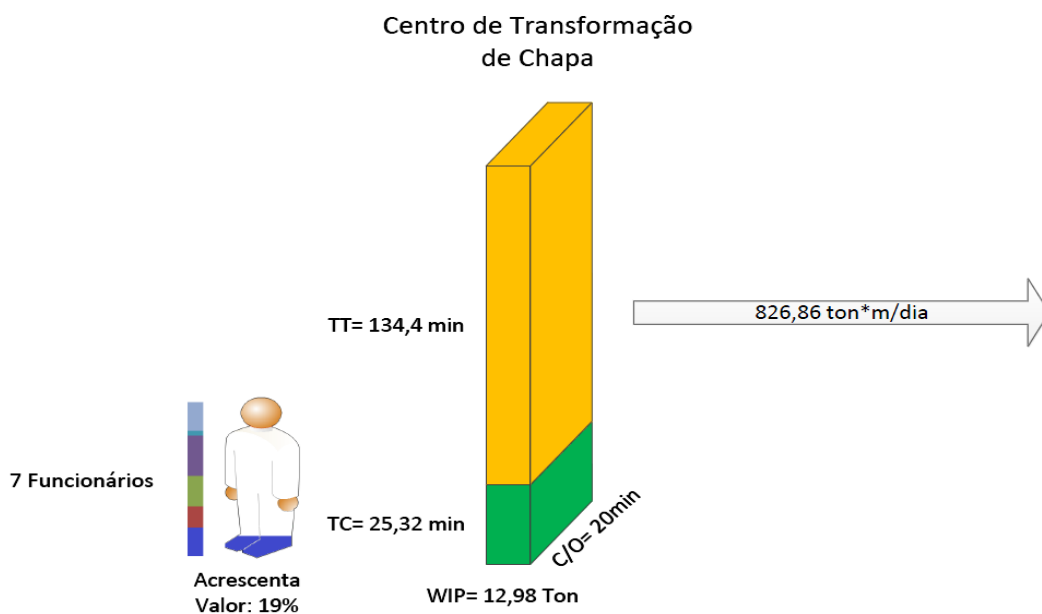


Figura 17 - Bloco do WID do CTC do *layout* proposto



No CTP foi realizado o mesmo cálculo:

$$ET = DP * PDC = 88,784 * 6,72 = 596,93 \text{ ton} * \text{m}/\text{dia} \quad [4.2]$$

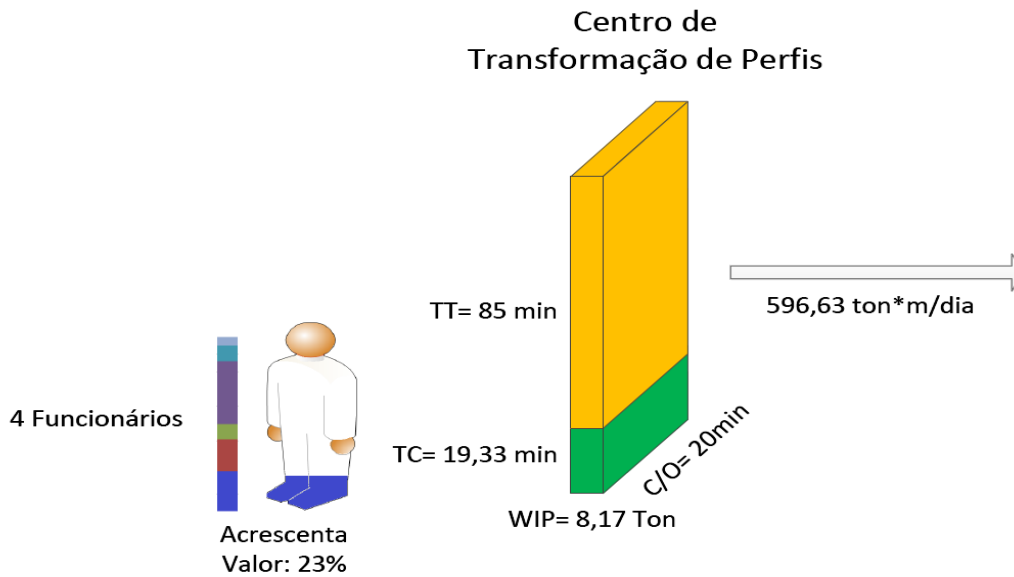


Figura 18 - Bloco do WID do CTP do *layout* proposto

O cálculo foi igualmente realizado no CA:

$$ET = DP * PDC = 116,124 * 10,89 = 1264,59 \text{ ton} * \text{m}/\text{dia} \quad [4.3]$$

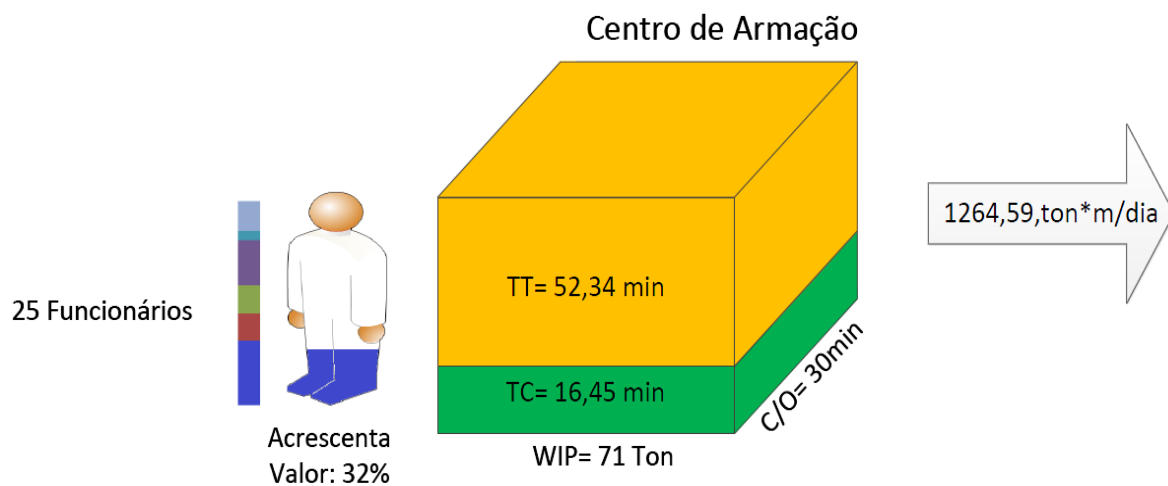


Figura 19 - Bloco do WID do CA do *layout* proposto



Por último, foi igualmente realizado o cálculo do Esforço de transporte no CS:

$$ET = DP * PDC = 163,173 * 10,89 = 1776,95 \text{ ton} * \text{m}/\text{dia} \quad [4.4]$$

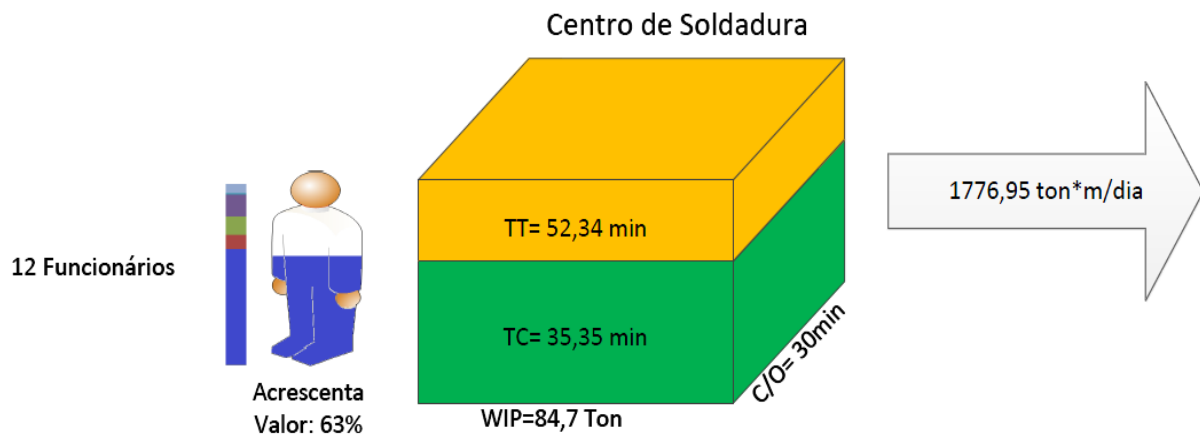


Figura 20 - Bloco do WID do CS do *layout* proposto

Depois de realizados todos os cálculos, foi possível elaborar o diagrama do WID do *layout* proposto (Figura 21).

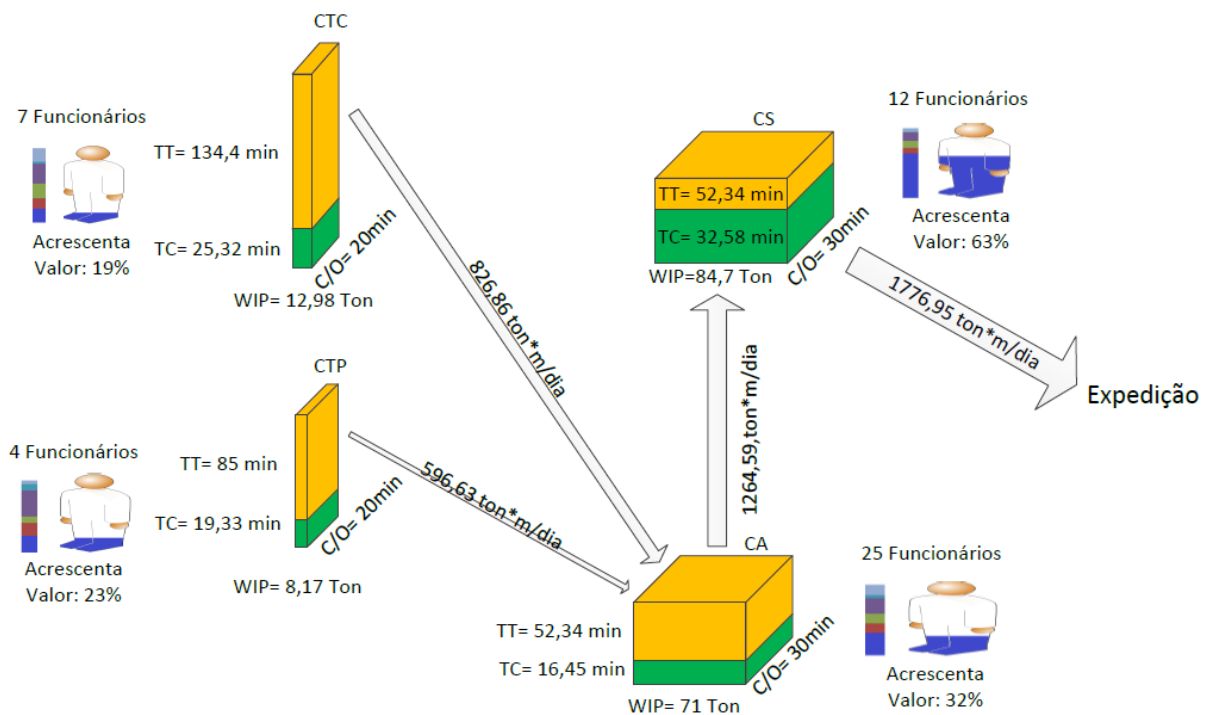


Figura 21 - WID do *layout* proposto



4.3 Utilização do mesmo método de cotagem e criação de uma equipa de preparação

Os operadores por vezes sentiam alguma dificuldade em identificar e compreender algumas cotas nos desenhos técnicos, o que originava defeitos ou perda de tempo por parte do operador em tentar perceber ou a perguntar ao seu superior. Este problema tinha origem no departamento de preparação, quando procediam à cotagem dos desenhos, cada preparador fazia a cotagem seguindo o seu método. Isto resultava, então, em algumas incompreensões por partes dos operadores, na medida em que estes se queixavam que cada preparador fazia de forma diferente. Depois de identificado este problema, foi sugerido uma tentativa de harmonizar os procedimentos, de forma a que todos os preparadores utilizem o mesmo sistema de cotagem.

Ficou então definido que os preparadores têm de colocar todas as cotas totais e intermédias, o que nem sempre acontecia. Em relação à simbologia de soldadura nos desenhos de fabrico, criou-se uma equipa de preparação integrada no departamento de Produção Industrial e um método de identificação das EPS associadas a um plano de soldadura.

4.4 Programação *offline* do CTP realizada no Departamento de Produção Industrial

Os operadores das máquinas Sabi e Kaltenbach no Centro de Transformação de Perfis perdiam muito tempo a programar as mesmas, visto que os operadores programavam-nas introduzindo os planos de corte, existentes nas folhas da ordem de fabrico. Como sugestão de melhoria, e de forma a solucionar este problema, foi dada a indicação ao Técnico Oficial de Fabrico do CTP para começar a proceder à otimização do corte de perfis no departamento de produção industrial recorrendo ao software Cut-IQ (Figura 22), enviando, depois de concluída, a otimização para as máquinas. Desta forma, a otimização é realizada através de programação off-line, o que permite reduzir o tempo perdido pelos operadores de máquinas a programar as mesmas.

The screenshot shows the Cut-IQ software interface. At the top, there is a menu bar with 'File', 'Material', 'Reports', 'Tools', and 'Help'. Below the menu bar, there is a toolbar with various icons and buttons, including 'Optimize' and 'Update stocks'. The main area displays the following information:

- O.F. 1017194 SHS80*4 S275 JR
- Obra BS0164 SCEJ (Passadiço) # Parts left 0 # Sizes 16
- Material SHS80*4 S275 JR Aproveitamento 96,89 % # Patterns 15

Below this information, there are tabs for 'Materia-Prima', 'Peças', and 'Optimização'. The 'Optimização' tab is active, showing a table with the following columns: #, Size, Qty, # Parts, Util. %, Compriment, Used, and Sobra. The table contains 12 rows of data. To the right of the main table, there is a smaller table with columns: Part ID, Compriment, and X-coord. This table contains three rows of data.

#	Size	Qty	# Parts	Util. %	Compriment	Used	Sobra
1	12000	1	4	99,11	12.000	11.934	66,00
2	12000	1	3	99,95	12.000	11.912	88,00
3	12000	1	5	99,83	12.000	11.903	97,00
4	12000	1	5	99,85	12.000	11.882	118,00
5	12000	1	7	99,06	12.000	11.937	63,00
6	12000	1	6	96,78	12.000	11.660	340,00
7	12000	1	5	98,96	12.000	11.919	81,00
8	12000	1	6	99,10	12.000	11.939	61,00
9	12000	1	5	99,32	12.000	11.965	35,00
10	12000	1	6	98,58	12.000	11.876	124,00
11	12000	1	4	89,18	12.000	10.743	1.257,00
12	12000	1	4	87,94	12.000	10.594	1.406,00

Part ID	Compriment	X-coord
TB.219	9858	35
TB.225_b	1800	9.896
TB.224	435	11.499

Figura 22 - Cut-IQ



4.5 Compra do *software* Lantek Expert Quattro

O corte das diferentes peças na chapa fica ao encargo do operador, ou seja, este é que faz a “gestão” da disposição das peças ao longo da chapa, originando então muitas sobras. Depois de identificado este problema e de forma a solucionar o mesmo, foi sugerida a aquisição do *software* Lantek Expert Quattro que faz a otimização e que permite reduzir substancialmente a taxa de desperdícios (Figura 23).

A otimização passa então a ser efectuada pelo Técnico Oficial de Fabrico no departamento de produção industrial, recorrendo a este *software*. Depois de concluída, é enviada para as guilhotinas no Centro de transformação de chapa.

Este sistema é fácil de utilizar e permite que os níveis de produção sejam elevados e que se alcancem economias substanciais nos materiais. É uma ferramenta muito útil para calcular o material que será necessário para o ciclo de produção, fazendo o controlo de stock de chapa e atualizando sempre que sejam utilizadas pelo sistema.

Lantek Expert Quattro permite a reutilização de chapas. Assim, possibilita uma economia substancial nos custos de material de sucata.



Figura 23 - Lantek Expert Quattro

4.6 Admissão de um colaborador para auxiliar na distribuição das peças

A transposição dos materiais da 1ª transformação para a 2ª transformação, ou seja, distribuição dos materiais cortados oriundos do CTC e CTP para o CA é insuficiente. Os colaboradores responsáveis pela distribuição não conseguem dar vazão. Desta forma, como sugestão de melhoria e com a aceitação por parte da empresa, será admitido um novo colaborador para auxiliar na distribuição das peças.



4.7 Envio de desenhos de fabrico para os soldadores

Por vezes, os soldadores sentiam alguma dificuldade em saber quais as tarefas prioritárias. Depois de identificado este problema e discutido no departamento de produção industrial, ficou decidido entregar desenhos de fabrico (Figura 24) aos soldadores em obras com classe de execução 3, devido à rastreabilidade do material e do soldador.

A classe de execução é o nível de exigência no qual o produto vai ser construído. Entende-se por nível de exigência as tolerâncias de construção, estas podem ser:

- Tolerância dimensional;
- Tolerância geométrica;
- Tolerância na soldadura.

Na construção europeia existem níveis de classe de execução, estes podem ser: 1,2,3 e 4. Quanto mais elevado for o número, maior é a exigência requerida para o construtor. A determinação dessas classes depende de:

- Classe de consequência: No caso do produto partir (risco de vidas humanas).
- Classe de Serviço: Que tipo de cargas está sujeito o produto.
- Classe Produto: Qual o material a usar na estrutura.

Quando se constrói um produto é necessário elaborar um dossiê de qualidade que será cada vez mais exigente consoante a classe de execução. Como tal, é importante a rastreabilidade, no qual se deverá registar tudo o que se refere a um componente do produto, desde o lote da chapa ou perfil, do montador, quem controlou, lote do material de adição e o soldador, ou seja, todos os intervenientes e etapas são registadas no dossiê de qualidade do produto.

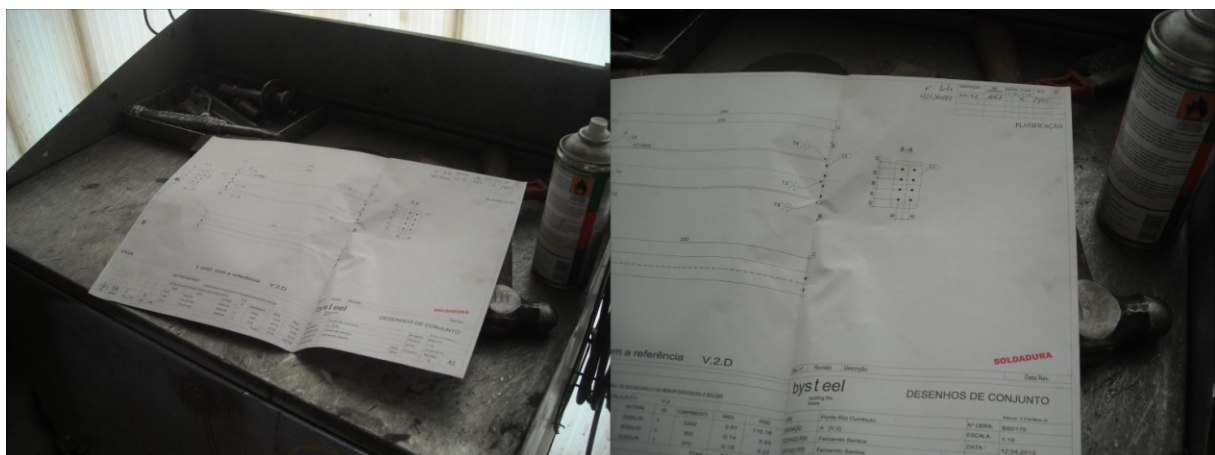


Figura 24 - Desenhos de fabrico da Soldadura



4.8 Aplicação de clarabóias de desenfumagem

A poluição no chão de fábrica é um dos maiores problemas sentidos pelos colaboradores, na medida em que causa mau estar e põe em risco a saúde. Depois de identificado como problema, foi apresentado como proposta de melhoria a aquisição de clarabóias de desenfumagem (Figura 25) que, em conjunto com os ventiladores existentes na fábrica, seriam suficientes para solucionar o problema da poluição.



Figura 25 - Clarabóia de desenfumagem

4.9 Remodelação do *template* de *report* do Tekla Structures

Foi criado um “*template*” para realizar a comunicação entre o Tekla e o Cut-IQ.

Até então, o Técnico Oficial de Fabrico, para efectuar a otimização de perfis, tinha de retirar a informação necessária da lista de peças e reformulá-la em excel para posteriormente inserir no Cut-IQ.

Este processo era demasiado demorado e pouco fiável, visto que muito facilmente se poderia esquecer de alguma coisa.

Depois de se perceber quais os parâmetros necessários para o Cut-IQ, em Tekla foi elaborado o *template* (Figura 26), por forma a tornar o processo de otimização de perfis mais rápido e mais fiável.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																

Figura 26 - Template Cut-IQ



5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo são analisados os resultados das propostas implementadas e o que se espera obter das que ainda se encontram em implementação ou que não foram implementadas, algumas devido ao investimento necessário. As propostas relacionadas com a implementação de ferramentas *Lean Manufacturing* foram quase todas implementadas pois envolveram principalmente mudanças de procedimentos e rotinas. Foi comprovado que a aplicação destas ferramentas melhorou os resultados da empresa, aumentando a sua produtividade.

5.1 Proposta de *Layout*

Após analisado o sistema produtivo, uma das propostas apresentadas recaiu sobre a reestruturação do *layout* com base nos produtos classificados como “produtos A”, resultantes da análise ABC. Uma vez que estes são os produtos com maior volume de vendas, a diminuição de distâncias entre os centros de transformação traduz-se numa maior ganho em termos de tempo e dinheiro. Ou seja, através da redução de distâncias, é possível diminuir os custos com transportes de materiais e movimentação de operadores, bem como a diminuir o *Lead Time* dos produtos.

Com base na comparação dos dois *layouts*, atual e proposto, foi possível quantificar a diminuição de distâncias entre os centros de transformação. Os resultados desta comparação podem ser visualizados na Tabela 5.

Tabela 5 - Comparação de distâncias entre centros de transformação

Distâncias				
	<i>Layout</i> Atual (m)	<i>Layout</i> Produtos A (m)	Redução (m)	% Redução
CTC → CA	424,271	195,014	229,257	54%
CTP → CA	318,041	88,784	229,257	72%
CA → CS	161,708	116,124	45,584	28%
CS → Expedição	214,915	163,173	51,742	24%
			Σ 555,84	

Face ao *layout* proposto, os novos fluxos produtivos foram modelados recorrendo ao diagrama WID. A partir da sua análise, foi possível proceder a uma nova comparação, cuja incidência recaiu sobre o esforço de transporte (Tabela 6).



Tabela 6 - Comparação do esforço de transporte entre centros de transformação

Esforço de Transporte				
	Layout Atual (ton*m/dia)	Layout Produtos A (ton*m/dia)	Redução (ton*m/dia)	% Redução
CTC → CA	1798,91	826,86	972,05	54%
CTP → CA	2137,24	596,63	1540,61	72%
CA → CS	1761	1264,59	496,41	28%
CS → Expedição	2340,42	1776,95	563,47	24%
			∑ 3572,54	

5.2 Discussão de outras propostas

O problema em identificar e compreender algumas cotas nos desenhos técnicos foi solucionado através **normalização dos procedimentos**, ou seja, ficou definido que os preparadores deviam colocar todas as cotas totais e intermédias.

Em relação à simbologia de soldadura nos desenhos de fabrico, **criou-se uma equipa de preparação** integrada no departamento de Produção Industrial e um método de identificação das EPS associadas a um plano de soldadura.

Esta sugestão de melhoria foi implementada ainda no decorrer do projeto e permitiu reduzir alguns desperdícios e, conseqüentemente, aumentar de certa forma a produtividade da empresa.

Relativamente ao problema de perda de tempo por parte dos operadores em programar as máquinas com planos de corte, foi dada a **indicação ao TOF para proceder à otimização do corte de perfis no departamento de produção industrial** recorrendo ao software Cut-IQ, sendo posteriormente enviada através de programação off-line para as máquinas no chão de fábrica.

Como resultado desta sugestão, foi possível diminuir o tempo gasto pelos operadores em programar as máquinas. Desta forma estes poderiam executar tarefas que acrescentassem valor ao produto.

A forma de solucionar as elevadas sobras nas guilhotinas passa pela **aquisição do software Lantek Expert Quattro**, uma vez que permite a otimização e reduz substancialmente a taxa de desperdícios. Contudo, até à data final do estágio, este software ainda não tinha sido adquirido, devido ao seu valor de 2100€. Esta informação foi apurada junto do representante do *software* em questão.

Com aquisição deste *software*, o Técnico Oficial de Fabrico no departamento de produção industrial passava a ser responsável pela otimização do corte. Depois de concluída esta operação, a mesma seria enviada para as guilhotinas no Centro de Transformação de Chapa.



Por outro lado, para fazer face à insuficiência na transposição dos materiais cortados do CTC e CTP para o CA, ficou acordado **admitir um novo colaborador**. Porém, até à data do final do estágio, este ainda não tinha sido admitido.

Em relação à dificuldade sentida pelos soldadores em saber quais as tarefas prioritárias, ficou definido **facultar os desenhos de fabrico** em obras com classe de execução 3.

Esta medida foi implementada ainda no decorrer do estágio.

No que respeita à poluição no chão de fábrica, foi discutida a necessidade de **aquisição de clarabóias de desenfumagem**, que, em conjunto com os ventiladores existentes na fábrica, seriam suficientes para solucionar o problema. Estas requerem um investimento por parte da empresa, no entanto até à data final do estágio, ainda se encontravam em processo de negociação juntos dos fornecedores desse equipamento.

Relativamente à comunicação entre o Tekla Structures, programa de desenho, e o Cut-IQ, programa de otimização de corte, **foi criado um *template de report*** com vista à otimização de perfis, mais rápido e fiável.

Este processo foi implementado ainda no decorrer do estágio, diminuindo o tempo gasto pelo TOF na seleção de informação necessária para a comunicação entre o Tekla e o Cut-IQ.





6. CONCLUSÕES

Embora fossem sentidas algumas dificuldades ao longo da realização do trabalho, principalmente na aceitação da filosofia *Lean Manufacturing*, bem como na obtenção de dados ou informação necessária, pode-se afirmar que os objetivos propostos para este trabalho foram alcançados, isto é, foram implementadas técnicas *Lean* para identificar e reduzir desperdícios.

Desta forma, a elaboração do WID permitiu identificar os desperdícios mais relevantes, tais como, má utilização da mão de obra, grandes distâncias percorridas e WIP elevado nos centros de armação e de soldadura.

Utilizou-se a análise ABC com a finalidade de apurar os produtos com maior peso na faturação, sendo estes os que requerem maior atenção por parte da administração. Apresentou-se, também, uma sugestão de melhoria através de uma proposta de novo *layout* com base nos produtos classificados como “produtos A” resultado da análise ABC.

Elaborou-se de seguida o WID do *layout* proposto que, comparativamente com o WID do *layout* actual, irá permitir reduzir as distâncias percorridas pelos operários e materiais. Especula-se, ainda, que o WIP apresentará uma redução nos centros de transformação mencionados anteriormente e a mão de obra será melhor aproveitada, isto é, o tempo disponível pelos operários poderá ser utilizado em atividades que acrescentem valor ao produto.

Relativamente às outras sugestões de melhoria, as quais foram igualmente importantes no decorrer do projeto, algumas ainda se encontravam em processo de implementação até à data final do estágio, embora tenham sido aprovadas.

Em jeito de conclusão e mediante estes factos, será possível reduzir os principais desperdícios identificados, tais como, transporte de componentes, movimentações dos operários, redução do tempo na procura de ferramentas, matérias-primas e na preparação de equipamentos, entre outros já referidos ao longo da dissertação.

Futuramente, na implementação de algumas das propostas sugeridas deve existir um acompanhamento contínuo dos operários e de todo o processo, fazendo avaliações e reuniões periódicas no seio da empresa. O resultado dessas avaliações e reuniões deve ser comunicado aos operários, uma vez que, estes são partes integrantes da organização influenciando a produtividade.



Para além do trabalho realizado até então, existem outras propostas merecedoras de atenção a curto e médio prazo, nomeadamente outras ferramentas *Lean*, a título de exemplo, **5S**, que torna os processos mais eficientes e melhora o bem-estar do trabalhador. A principal contribuição é a redução do desperdício de materiais, tempo e espaço.

Adicionalmente, seria importante implementar outra ferramenta *Lean* designada por **Gestão Visual** que facilita a comunicação visual de informações sobre processos produtivos, manutenção dos equipamentos, instruções/regras de trabalho.

Outra questão seria inculcar juntos dos colaboradores da empresa a filosofia **Kaizen**, ou seja, a melhoria contínua, sempre com o objetivo de aumentar a produtividade através da redução dos desperdícios.



7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- De Rolt, M. I. P. (1998). O uso de indicadores para a melhoria da qualidade em pequenas empresas. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- FPNQ (1995). Indicadores de desempenho. Fundação para o Prémio Nacional da Qualidade, São Paulo.
- Lewis, M. A. (2000) 'Lean production and sustainable competitive advantage', *International Journal of Operations and Production Management*, 20(8), 959-978.
- Melton, T., (2005). The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, vol. 83 (A6): pp. 662 – 673.
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System: an integrated approach to Just-In-Time*. Norcross: Engineering and Management Press.
- O'Brien, R. (1998). An Overview of the Methodological Approach of Action Research. Faculty of Information Studies, University of Toronto.
- Oden, H. (1994). —The demand response strategy: the neglected manufacturing strategy. Conference proceedings, American Production & Inventory Control Society, 208-212
- Ohno, T. (1997). *Sistema Toyota de Produção - Além da Produção em Larga Escala*. Porto Alegre. Editora Bookman.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to see – Value Stream Mapping to create value and eliminate muda*. Massachusetts: The Lean Enterprise Institute
- Sá, J., Carvalho, J. & Sousa, R. (2011). Waste Identification Diagrams, A Engenharia como Alavanca para o Desenvolvimento e Sustentabilidade, 6º Congresso Luso – Moçambicano de Engenharia, Maputo, Moçambique.
- Sahoo, A. K., Singh, N. K., Shankar, R., Tiwari, M. K., (2008). Lean philosophy: implementation in a forging company. *Int J Adv Manuf Technol*, vol 36, pp. 451 – 462.
- Souza, R., Mekbekian, G., Silva, M., Leitão, A., e Santos, M. (1994). Indicadores da qualidade e produtividade. In: *Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras*. São Paulo.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F. and Uchikawa, S. (1977) ' Toyota production system and kanban system. Materialization of just-in-time and respect-for-human system', *International Journal of Production Research*, 15(6), 553-564.
- Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Free Press.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. New York: Rawson Associates.



ANEXO I – VOLUME DE VENDAS E CURVA ABC

Com base na elaboração da Tabela 3, presente no capítulo 3, e da Figura 27, foi possível identificar as respectivas classes de cada produto e o respetivo volume de faturação. Como já referido, os produtos com maior peso na faturação da empresa são as Vigas, Pilares e VRS. É de salientar que os processos de produção destes produtos são muito similares.

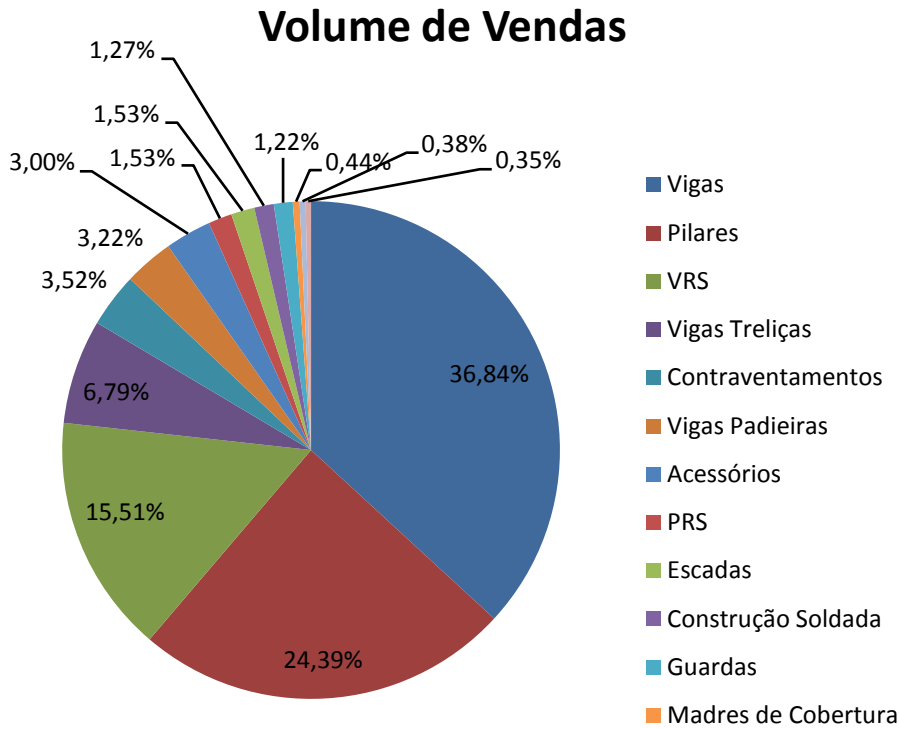


Figura 27 - Volume de Vendas

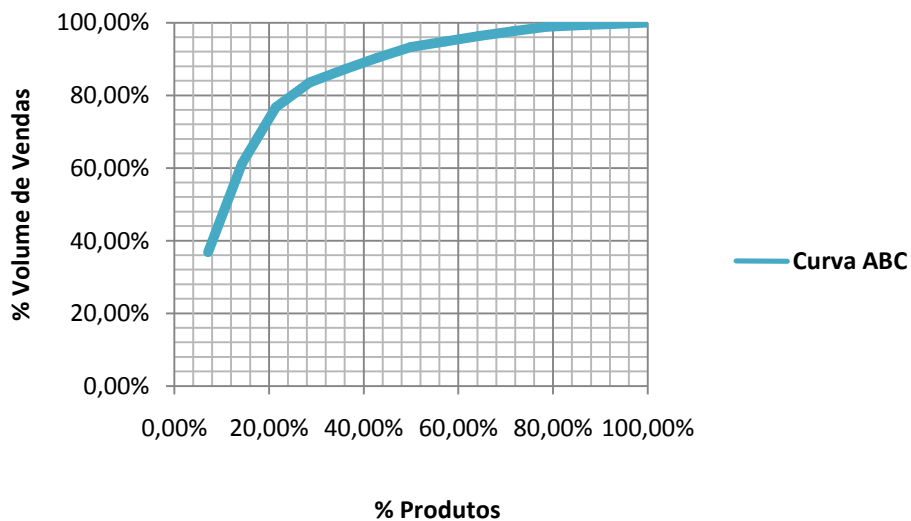


Figura 28 - Curva ABC