



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Pedro Jorge Magalhães Moreira

**Diagnóstico e ações de melhoria no sistema  
produtivo da EIB**

Tese de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor José Dinis de Araújo Carvalho

Outubro de 2014

## DECLARAÇÃO

Nome: Pedro Jorge Magalhães Moreira

Endereço eletrónico: a58965@alunos.uminho.pt

Telefone: 914868111

Bilhete de Identidade/Cartão do Cidadão: 13921960

Título da dissertação: Diagnóstico e ações de melhoria no sistema produtivo da EIB

Orientador/a/es:

Professor Doutor José Dinis de Araújo Carvalho

Ano de conclusão: 2014

Designação do mestrado:

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

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

Universidade do Minho, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Assinatura:

## **AGRADECIMENTOS**

A realização deste projeto não teria sido possível sem a ajuda, colaboração e amizade das diversas pessoas que me ajudaram ao longo deste percurso.

Agradeço a todos os meus colegas com quem estagiei e em especial ao meu orientador na empresa, Henrique Nunes, pela paciência e disponibilidade demonstrada.

Um especial agradecimento ao Professor Doutor José Dinis de Araújo Carvalho pela orientação científica e apoio.

Agradeço aos meus pais pela motivação que me deram ao longo deste período.

Agradeço ao meu irmão, Bruno Moreira, e à Margarida pelos ensinamentos e apoio incondicional.

Agradeço a todos os meus amigos que me acompanharam desde o início até ao fim desta longa caminhada. Muito Obrigado !



## RESUMO

Esta dissertação foi elaborada em ambiente industrial, na empresa Eletro Instaladora de Bairro, e apresenta a aplicação de ferramentas e princípios do *lean production* com vista ao aumento da produtividade da área de produção no geral.

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre a origem do *Toyota Production System (TPS)*, os seus principais pilares e valores, bem como os principais tipos de desperdícios existentes num sistema de produção.

A metodologia de investigação *Action Research* foi utilizada como metodologia orientadora da investigação e intervenção da ação na empresa. Assim, realizou-se uma análise e diagnóstico do sistema produtivo no global (elaboração do *WID* juntamente com uma observação atenta ao sistema produtivo na procura de desperdícios) e identificaram-se vários tipos de “problemas” distintos, como os elevados tempos gastos em transportes, grandes distâncias entre postos de trabalho sequenciais, falta de balanceamento entre as estações de trabalho, má organização da chapa, falta de condições para guardar ferramentas e uma desorganização global no sistema produtivo.

De forma a combater estes “problemas” foram sugeridas várias propostas de melhoria. Nem todas foram aplicadas durante esta dissertação, algumas devido à falta de tempo, e outras por não reunirem consenso junto da gestão de topo.

Realçando então as propostas implementadas, conseguiu-se uma redução acima dos 60% na distância entre alguns postos de trabalho devido à alteração do *layout*, uma redução de 83% na distância que o operador da Guilhotina tinha de percorrer para ir “buscar” a chapa, e uma redução de cerca de 18% nos tempos de *changeover* da nova máquina de Corte/Quinagem a “Salvagnini”.

Relativamente às propostas que ainda não foram implementadas, é importante referir que se espera atingir uma redução de 18% (cerca de 3600€/mês) do tempo total gasto em transportes no sistema produtivo com a implementação de um comboio logístico. Com as ações de melhoria propostas para a zona da soldadura (gargalo do sistema produtivo), espera-se conseguir transformar à volta de 80h/mês que os soldadores desperdiçam em transportes, em ações que acrescentam valor ao produto.

**Palavras-chave:** *lean production, Toyota Production System, WID*



## ABSTRACT

This dissertation was developed in industrial environment at the “Eletro Instaladora de Bairro” company. It presents the application of tools and principles of lean production in order to improve the global productivity.

Firstly, a bibliographic review about the origin of the Toyota Production System (TPS), as well as its pillars and values, was performed.

The research methodology Action Research was used in the research and intervention planning in the company work environment. Thus, an analysis and diagnosis of the global productive system was performed (waste-identification-diagram elaboration as well as the search for wastes in the productive system). A few distinct problems were identified, such as the high spending in transportation, huge distances between sequential work stations, lack of balance between workstations, poor organization of the *feedstock*, lack of conditions to store the tools and a general disorganization of the productive system.

Several solutions were suggested in order to solve these “problems”. Not all were implemented during this dissertation, some due to a lack of time, and others because the top management did not agree with them.

Amongst the solutions implemented, a reduction above 60% in distances between some work stations due to some changes that was made in the *layout* was obtained. It was also possible to reduce in 83% in the distance that the worker of guillotine had to make to get to the *feedstock*. The time of changeover of the “Salvagnini” around 18% was also reduced.

Regarding the non implemented solutions, it is important to refer that a reduction of 18% (about 3600€/month) of the total time wasted in transportation inside the production system is expected with the implementation of a logistics train. The improvement actions proposed to the welding zone will allow the replacement of 80h/month that are wasted in transports in actions that add value to the product.

**Key-words:** lean production, Toyota Production System, WID





# ÍNDICE

Agradecimentos.....	III
Resumo.....	V
Abstract .....	VII
Índice.....	IX
Lista de Figuras .....	XIII
Lista de Tabelas.....	XVII
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos .....	XIX
<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Metodologia de investigação.....	2
1.4. Estrutura da dissertação .....	3
<b>2. Revisão Bibliográfica .....</b>	<b>5</b>
2.1. História do Toyota Production System (TPS).....	5
2.2. Filosofia Lean .....	6
2.3. Os 5 pilares Lean .....	6
2.3.1. Valor.....	6
2.3.2. Cadeia de valor.....	7
2.3.3. Fluxo Contínuo.....	7
2.3.4. Sistema Pull.....	7
2.3.5. Perfeição.....	7
2.4. Os 8 desperdícios.....	8
2.4.1. Sobreprodução.....	8
2.4.2. Espera .....	9
2.4.3. Transportes .....	9
2.4.4. Movimentação .....	9
2.4.5. Inventários .....	10
2.4.6. Processamento excessivo .....	10
2.4.7. Defeitos .....	10
2.4.8. Desperdício de capital intelectual .....	11
2.5. A casa da Toyota Production System .....	11
2.5.1. Just-in-time.....	12

2.5.2.	Jidoka .....	13
2.5.3.	Nivelamento .....	13
2.5.4.	Standard Work.....	14
2.5.5.	Metodologia 5'S.....	14
2.5.6.	Gestão Visual .....	16
2.5.7.	Kaizen.....	16
2.5.8.	Value Stream Mapping (VSM) .....	17
2.5.9.	Single Minute Exchange of Die (SMED) .....	17
2.5.10.	Waste Identification Diagram (WID).....	18
2.5.11.	Overall Equipement Effectiveness (OEE).....	20
2.5.12.	Comboio Logistico .....	21
<b>3.</b>	<b>Descrição da unidade produtiva .....</b>	<b>23</b>
3.1.	Descrição Geral do Sistema Produtivo.....	23
3.1.1.	Laser com punção.....	24
3.1.2.	Quinagem .....	24
3.1.3.	Soldadura.....	25
3.1.4.	Acabamento Serralharia .....	26
3.1.5.	Pintura .....	26
3.1.6.	Montagem Elétrica .....	27
3.1.7.	Centro de Corte e Quinagem “Salvagnini” .....	28
3.1.8.	Máquina de cravar de pernos automática.....	29
3.1.9.	Robots de Soldadura.....	29
3.2.	Layout do sistema produtivo .....	30
3.3.	Planeamento de produção.....	30
3.4.	Descrição do sistema produtivo e fluxo de materiais .....	31
3.5.	Caracterização e fluxo de informação .....	32
3.6.	Controlo dos postos de trabalho .....	34
<b>4.</b>	<b>Análise e Diagnóstico da unidade de produção .....</b>	<b>35</b>
4.1.	Waste Identification Diagrams (WID) .....	35
4.1.1.	Takt time .....	37
4.1.2.	Tempo De Ciclo .....	37
4.1.3.	Work-in-progress (WIP) .....	38
4.1.4.	Tempos de Changeover.....	39
4.1.5.	Conclusões e problemas encontrados através da primeira fase do WID.....	39

4.1.6.	Medidas de desempenho .....	39
4.1.7.	Utilização da mão-de-obra .....	40
4.2.	Gargalo do Sistema.....	43
4.2.1.	Transporte realizado pelos soldadores .....	44
4.2.2.	Procura de moldes .....	45
4.2.3.	Preencher as folgas dos produtos .....	46
4.3.	Layout do sistema produtivo .....	47
4.4.	Desorganização da empresa.....	48
4.5.	Transportes e Movimentações .....	50
4.6.	Fichas de produção .....	50
4.7.	Pintura.....	52
4.8.	Montagem Elétrica .....	53
4.9.	Armazenamento de ferramentas da Salvagnini/máquina processamento de cobre/máquina de pernos .....	55
4.10.	Armazenamento da chapa .....	55
4.11.	Deslocações do operário da guilhotina .....	56
4.12.	Armazenamento dos retalhos da Salvagnini .....	58
<b>5.</b>	<b>Propostas de melhoria .....</b>	<b>59</b>
5.1.	Diminuir o tempo de ciclo da soldadura.....	60
5.1.1.	Soldadores não realizam transportes .....	61
5.1.2.	Armazém para colocar os moldes .....	61
5.1.3.	Desenho técnico .....	61
5.1.4.	Soldar por pontos e soldar os pernos.....	62
5.2.	Alterações no <i>layout</i> do sistema produtivo.....	62
5.3.	Organização da empresa.....	66
5.3.1.	Limpar a empresa .....	66
5.3.2.	Venda de equipamentos estragados/pouco utilizados .....	68
5.4.	Mizusumachi .....	69
5.4.1.	Carruagens do comboio.....	69
5.4.2.	Rota .....	69
5.5.	Fichas de produção .....	70
5.5.1.	Normalização das fichas de produção .....	71
5.5.2.	Folha de auto controlo.....	71
5.5.3.	Sequência de operações.....	71

5.6.	Pintar mais dias.....	72
5.7.	Montagem eléctrica .....	72
5.8.	Armário de ferramentas para a Salvagnini e máquina de pernos .....	75
5.8.1.	Salvagnini.....	75
5.8.2.	Máquina de pernos .....	78
5.9.	Armazenamento de chapa.....	78
5.10.	Redução dos transportes e movimentos na guilhotina.....	80
5.11.	Equipa de melhoria continua .....	81
5.12.	Localização fixa da chapa.....	83
<b>6.</b>	<b>Análise de resultados .....</b>	<b>87</b>
6.1.	Ganhos com alterações de <i>layout</i> .....	87
6.2.	Ganhos com o armazém de chapa para a guilhotina .....	88
6.3.	Organização da empresa.....	88
6.4.	Armário de ferramentas e carrinho de apoio para a Salvagnini .....	89
6.5.	Possíveis ganhos com a redução de fichas .....	90
6.6.	Possíveis ganhos com a pintura a decorrer em mais dias .....	91
6.7.	Possíveis ganhos com a montagem eléctrica.....	91
6.8.	Mizusumachi .....	92
6.9.	Possíveis ganhos na área da soldadura .....	95
6.10.	Possíveis Ganhos com a organização da chapa .....	99
6.11.	Criação da equipa de melhoria contínua.....	100
<b>7.</b>	<b>Conclusão.....</b>	<b>101</b>
<b>8.</b>	<b>Bibliografia .....</b>	<b>103</b>
	Anexo I – Cálculo do tempo de ciclo.....	107
	Anexo II – Cálculo do WIP.....	111
	Anexo III – Tempos de changeover .....	115
	Anexo IV- Cálculo do esforço de transporte.....	119
	Anexo V- Tabela usada para a construção do gráfico.....	121
	Anexo VI – Cálculo da média de tempo de transporte dos soldadores.....	123
	Anexo VII - Gama operatória.....	125
	Anexo VIII – N° médio de folhas.....	131
	Anexo IX – Análise e proposta para a área da pintura.....	133
	Anexo X – Dados para a construção do gráfico.....	135
	Anexo XI – Deslocações dos soldadores até aos moldes.....	137

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Os 5 princípios do lean thinking (adaptado de Pinto (2009)).....	8
Figura 2- A casa TPS (adaptado de Liker (2004)) .....	11
Figura 3- Metodologia 5S (adaptado de Osada (1991)) .....	15
Figura 4- Ciclo PDCA (Rother 2009) .....	17
Figura 5- Representação do bloco no <i>WID</i> (Dinis-Carvalho (2013)) .....	19
Figura 6- Apresentação do esforço de transporte (Dinis-Carvalho (2013)).....	20
Figura 7- Sistema tradicional vs Comboio logístico (Coimbra, 2009) .....	21
Figura 8- Máquina laser .....	24
Figura 9- Quinadeira robot.....	25
Figura 10- Área da soldadura .....	25
Figura 11- Zona do acabamento.....	26
Figura 12- Pintura automática .....	27
Figura 13- Zona da montagem .....	28
Figura 14- Salvagnini .....	28
Figura 15- Máquina de pernos .....	29
Figura 16- Robots de soldadura .....	29
Figura 17- Layout da EIB.....	30
Figura 18- Principais rotas dos produtos da EIB.....	31
Figura 19- Principais fluxos de materiais na EIB .....	32
Figura 20- Fluxo e etapas das encomendas .....	33
Figura 21- Distribuição dos computadores pela área fabril .....	34
Figura 22 - <i>WID</i> do sistema produtivo.....	36
Figura 23- Gráfico da utilização da mão-de-obra. ....	41
Figura 24-Gráfico da despesa da utilização da mão-de-obra .....	42
Figura 25 - <i>WIP</i> da soldadura espalhado pela área fabril.....	43
Figura 26- Apresentação dos moldes da soldadura.....	46
Figura 27 – Exemplo de uma folga existente num produto .....	46
Figura 28- Processo de fabrico de um painel para a Microprocessadora (Laser-Quinagem- Pernos-soldadura-acabamento.....	47
Figura 29- Chapa distribuída na horizontal em frente à Salvagnini.....	48
Figura 30- Produtos prontos para expedição no mesmo local que matéria-prima .....	49
Figura 31- Localização dos produtos acabados junto à matéria-prima.....	49

Figura 32- Armário com material para "lixo" .....	50
Figura 33- Abertura de uma ficha para cada peça que vai fazer parte de um produto final (produto da microprocessadora).....	51
Figura 34- Trajeto do operário da montagem até ao aprovisionamento .....	54
Figura 35- Disposição das ferramentas da máquina de processamento de cobre .....	55
Figura 36- Localização dos 3 armazéns de chapa .....	55
Figura 37- Deslocações do operário da guilhotina.....	57
Figura 38- Colocação dos retalhos de chapa da Salvagnini .....	58
Figura 39- Layout previsto para a nova máquina de cravar pernos .....	62
Figura 40- Materiais para sucata .....	63
Figura 41- Espaço liberto no armazém 1 .....	64
Figura 42- Disposição dos rolos de chapa na vertical.....	64
Figura 43- Transferência de chapa para o armazém 1 .....	65
Figura 44- Colocação das máquinas de pernos em frente à salvagnini.....	65
Figura 45- Layout atual das máquinas de cravação de pernos.....	66
Figura 46- Transferência dos produtos acabados junto do portão de expedição .....	67
Figura 47- Colocação de mais um armário de chapa no armazém 2.....	67
Figura 48- Localização dos equipamentos avariados/inutilizados.....	68
Figura 49- Rota e pontos de paragem do Mizusumachi.....	70
Figura 50- Forma atual de indicar a gama operatória .....	71
Figura 51- Layout proposto da montagem eléctrica.....	73
Figura 52- Armário abandonado no sistema produtivo da EIB .....	74
Figura 53- Disposição das ferramentas da salvagnini .....	75
Figura 54- Ferramenta oxidada .....	76
Figura 55- Armário para guardar as ferramentas da salvagnini .....	76
Figura 56- Prateleiras do armário.....	77
Figura 57- Adaptação na mesa do carrinho do operário da salvagnini .....	77
Figura 58- Armário para as ferramentas das máquinas de pernos .....	78
Figura 59- Armazém 2 .....	79
Figura 60- Proposta de localização fixa de chapa no armazém 2 .....	80
Figura 61- Layout da proposta de melhoria na secção da Guilhotina.....	81
Figura 62- Proposta do excel interligado .....	84
Figura 63- Apresentação atual da ficha.....	85
Figura 64- Percentagem de utilização de m-d-o esperada.....	93

Figura 65- Despesa da m-d-o esperada .....	94
Figura 66- Armário com os moldes.....	98
Figura 67- Nova disposição dos retalhos da salvagnini .....	100
Figura 68- Excel das amostras recolhidas .....	121
Figura 69- Excel utilizado para elaboração do gráfico .....	135





## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Nº de operários por processo de fabrico .....	23
Tabela 2- Cálculo do takt time .....	37
Tabela 3- Cálculo do takt time .....	38
Tabela 4- Medidas de desempenho calculadas através do WID. ....	39
Tabela 5- Despesas com operários .....	42
Tabela 6- Resultados da folha dos transportes. ....	45
Tabela 7- Registos do ano de 2013 .....	52
Tabela 8- Operários necessários na pintura.....	53
Tabela 9- Deslocações do operário da montagem ao aprovisionamento. ....	54
Tabela 10- Distancia percorrida pelo operário da guilhotina. ....	57
Tabela 11- Plano de ações das propostas de melhoria. ....	59
Tabela 12- Máquinas/Equipamentos avariados ou com baixa taxa de utilização. ....	68
Tabela 13- Chapas mais utilizadas pela Salvagnini. ....	79
Tabela 14- Elementos da equipa de melhoria continua.....	82
Tabela 15- Contagem de paletes bem identificadas nos armazéns de chapa. ....	84
Tabela 16- Comparação do <i>layout</i> antigo com o atual.....	87
Tabela 17- Estado previsto vs Estado atual.....	87
Tabela 18- <i>layout</i> anterior vs <i>layout</i> atual.....	88
Tabela 19- Estado anterior vs Estado atual .....	89
Tabela 20- Tempo de <i>changeover</i> anterior vs atual .....	89
Tabela 21- Abertura de fichas ano 2013. ....	90
Tabela 22- Estado atual vs Estado proposto.....	91
Tabela 23- Estado atual vs estado proposto .....	93
Tabela 24- Estado atual vs Estado previsto.....	94
Tabela 25- Custo horas extra desde Março até Julho.....	96
Tabela 26- Tempo total previsto de viagens à zona dos moldes .....	98
Tabela 28- Cálculo do tc da máquina laser .....	107
Tabela 29- Cálculo do tc da guilhotina .....	107
Tabela 30- Cálculo do tc da puncionadora.....	107
Tabela 31- Cálculo do tc da quinagem.....	108
Tabela 32- Cálculo do tc da soldadura .....	108
Tabela 33- Cálculo do tc do acabamento .....	109

Tabela 34- Cálculo do tc da pintura .....	109
Tabela 35- Cálculo do tc da montagem.....	110
Tabela 36- Wip Guilhotina.....	111
Tabela 37- Wip Puncionadora.....	111
Tabela 38- Wip Laser .....	111
Tabela 39- Wip Quinagem .....	111
Tabela 40- Wip Soldadura.....	112
Tabela 41- Wip Acabamento.....	112
Tabela 42- Wip Pintura .....	112
Tabela 43- Wip Montagem .....	112
Tabela 44- Transformação do wip(kg) para wip(peças) .....	113
Tabela 45- Changeover da Máquina Laser .....	115
Tabela 46- Changeover da puncionadora.....	115
Tabela 47- Changeover da quinagem.....	116
Tabela 48- Changeover do acabamento .....	116
Tabela 49- Changeover da pintura .....	117
Tabela 50- Calculo do esforço de transporte para elaboração do WID .....	119
Tabela 51- Cálculo do tempo médio de transporte .....	123
Tabela 52- Amostra da % de produtos que percorrem o percurso laser- quinagem .....	125
Tabela 53- Tempo médio de uma viagem (ida e volta) à zona de moldes.....	137

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS**

**AV** – Atividades que acrescentam valor

**JIT** – Just-in-time

**TC** – Tempo de ciclo

**TT** – Takt time

**SMED** – Single minute Exchange of Die

**WID** – Waste identification diagram

**VSM** – Value Stream Mapping

**WIP** – Work in progress

**TPS** – Toyota production System



## 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo efetua-se um enquadramento ao tema da dissertação bem como uma apresentação dos objetivos, da metodologia utilizada no decorrer da dissertação e ainda a forma como esta se encontra organizada.

### 1.1. Enquadramento

Atualmente, com o aumento da competitividade no mercado actual, manter a mesma velocidade de produção é o suficiente para perder terreno para a concorrência (Pinto, 2013). Assim, cada vez mais, as empresas apostam na melhoria dos seus processos produtivos, procurando aumentar a sua produção, com menos recursos, e de forma mais rápida e eficiente (Cruz, 2013). Em simultâneo, surge também a necessidade de acompanhar as diferentes exigências dos consumidores, que cada vez mais, procuram produtos com qualidade, baixo custo e curto prazo de entrega.

De forma a corresponder a este mercado exigente, aliado à constante procura da melhoria dos sistemas produtivos, surge o *Lean Production*, que teve origem no livro “*The machine that changed de world*” (Womack, Jones & Roos, 1990) para caracterizar o *Toyota Production System* (Ohno, 1988). Neste livro constatou-se que o desempenho das empresas japonesas era superior ao das empresas americanas.

Assim, o modelo *Lean Production* procura aumentar a produtividade e reduzir custos, através da minimização dos desperdícios. Ohno (1988) identificou os sete desperdícios existentes num sistema de produção, sendo eles: defeitos, esperas, sobreprodução, sobre-processamento, *stocks*, deslocações dos trabalhadores e movimento dos materiais. De forma a reduzir estes desperdícios, que também são conhecidos no mundo fabril como atividades que não acrescentam qualquer tipo de valor ao produto, existe um grande leque de ferramentas *Lean Manufacturing* (Womack et al., 2007). Estas ferramentas são por exemplo, o, *Value Stream Mapping* (VSM) (Rother, M. & Shook, J., 1999), a técnica dos 5S (Osada, 1991) para uma melhor organização dos postos de trabalho, a técnica do *Single Minute Exchange of dies* (SMED) (Shingo, 1985) para reduzir os tempos de mudança das ferramentas, o *kanban* (Monden, 1981) para gerir o fluxo puxado dos artigos, mecanismos de *Poka-Yoke* (à prova de erro) e a procura da melhoria contínua (*Kaizen*) (Imai, 1986).

A empresa onde decorreu este projeto é a Eletro Instaladora de bairro (EIB), uma empresa destinada ao fabrico de estruturas metálicas, desenvolvimento e construção de quadros elétricos, pintura de diversas peças metálicas, armazenamento de produtos acabados, embalagem e expedição. A EIB mantém uma constante preocupação em melhorar os seus processos produtivos, aumentar a satisfação dos clientes, agilizar os prazos de entrega, corresponder à procura e diminuir os custos e desperdícios.

Esta empresa ainda não está familiarizada com o modelo Lean Production mas está disposta a adota-lo de forma a melhorar o seu sistema de produção e ir ao encontro do que todos os colaboradores procuram na empresa: a procura da melhoria continua e a satisfação dos clientes.

### **1.2. Objetivos**

Este projeto de dissertação tem como objetivo analisar e melhorar o sistema produtivo da empresa Eletro Instaladora de bairro, através da implementação de princípios de produção *lean*. Quanto aos objetivos específicos, o presente projeto pretende

- Analisar e diagnosticar o sistema produtivo actual da empresa EIB
- Apresentar propostas que procurem a melhoria dos processos, recorrendo a ferramentas do *lean manufacturing*
- Implementar as melhorias propostas
- Analisar os resultados provenientes das propostas sugeridas e implementadas

Com a implementação das melhorias propostas, pretende-se

- Aumentar a produtividade
- Reduzir os desperdícios
- Melhorar a eficiência dos processos
- Flexibilidade no acompanhamento da procura do mercado

### **1.3. Metodologia de investigação**

A metodologia pela qual esta dissertação se vai guiar é a *action research* (O'Brien, 1988) que consiste num processo de investigação onde existe uma interação e envolvimento do investigador com todas as pessoas relacionadas com o projeto. Esta metodologia é constituída

por 5 fases: 1) análise e diagnóstico da situação atual da empresa 2) planeamento de ações 3) implementação das ações selecionadas 4) discussão de resultados e avaliação 5) especificação de aprendizagem numa síntese de principais resultados atingidos.

Na primeira fase da metodologia “*action research*”, realizar-se-á uma análise e diagnóstico ao sistema produtivo atual da empresa EIB, com o objetivo de encontrar os principais problemas e desperdícios existentes. Para a realização desta análise será necessário recolher dados, cronometrar tempos de ciclo, tempos de atravessamento, calcular a produtividade total e esperada, entre outros. Em seguida utilizar-se-á a metodologia *Waste Identification Diagrams* (WID) (Dinis-Carvalho, 2013) de forma a descrever a unidade produtiva reconhecendo os seus elementos chave como os fluxos, processos e produtos, o seu desempenho e os seus desperdícios

Relativamente à segunda fase, e depois de identificados os desperdícios e problemas existentes no sistema produtivo, será possível propor melhorias que de certa forma aumentem a eficácia e eficiência da produção, quer seja ao nível da produtividade, redução de tempos, diminuição do *stock*, ou outros. Nestas propostas de melhoria, é exetável que as ferramentas *lean* assumam um papel de grande importância e relevo, contribuindo assim para melhorar a produção da EIB.

Posteriormente serão implementadas as propostas apresentadas na etapa 2), sendo que à medida que estas forem implementadas, será necessário medir o seu desempenho e ir recolhendo dados que sejam necessários para medir o seu desempenho final.

Após a implementação das propostas, e juntamente com os dados recolhidos, proceder-se-á a uma análise e discussão de resultados, comparando a nova situação com a antiga. Por fim, e sempre com vista na melhoria contínua, serão apresentadas novas propostas de melhoria, que não se conseguiram concretizar, devido ao prazo de entrega da dissertação.

### **1.4. Estrutura da dissertação**

Esta dissertação está organizada por capítulos e cada um deles refere-se a uma fase diferente da investigação elaborada.

No capítulo 1 é feita uma introdução ao tema, são apresentados os objetivos da dissertação, bem como a metodologia utilizada e ainda a forma como a dissertação se encontra organizada.

No capítulo 2 pode-se encontrar uma revisão bibliográfica sobre o tema da dissertação, focada principalmente na filosofia *lean*. É abordada a história do TPS, bem como os 5 pilares *lean*, os 8 tipos de desperdícios que se encontram num sistema produtivo, e as técnicas/ferramentas para os minimizar.

No capítulo 3 encontra-se uma descrição e uma análise sobre a empresa, focada principalmente no espaço fabril. É realizada uma descrição do sistema produtivo e do fluxo de materiais, bem como uma caracterização do fluxo de informação.

No capítulo 4 é realizada uma análise e diagnóstico da unidade de produção, identificando-se os principais “problemas” e oportunidades de melhoria.

Relativamente ao capítulo 5, são descritas todas as propostas de melhoria que o autor considerou adequadas e válidas de forma a minimizar os desperdícios e a aumentar a produtividade da empresa.

No capítulo 6 apresentam-se os resultados obtidos através da implementação das propostas de melhoria, e estimam-se os possíveis “ganhos” com as propostas que ainda não foram implementadas.

Por último, no capítulo 7, são apresentadas as conclusões do projeto realizado, bem como sugestões de propostas para um possível trabalho futuro.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre a origem e os conceitos da filosofia *Lean*. No enquadramento do *Toyota Production System*, identificam-se os 5 pilares do *Lean* e enunciam-se os 8 principais desperdícios existentes num sistema produtivo. Também são descritas algumas das principais ferramentas do *Lean thinking* como o *just-in-time*, 5'S, Nivelamento da produção, *kaizen*, *standard work*, entre outros.

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

Terminada a 2ª Guerra Mundial (1939-1945), o Japão enfrentava graves problemas a nível económico e necessitava de reconstruir o seu país. Naquele tempo a indústria automóvel japonesa, quando comparada com as indústrias americanas e europeias, apresentava uma escassa capacidade de recursos (pessoas, equipamentos, espaço, etc).

Por outro lado, as indústrias ocidentais fabricavam um grande número de automóveis, a baixo custo e com alta taxa de produtividade. Contudo, como produziam em massa, apresentavam alguns problemas em conseguir acompanhar as exigências do mercado. Os seus sistemas produtivos eram rígidos, tinham dificuldade em apresentar uma variedade de produtos, e recorriam a processos de fabrico e de gestão muito complexos e pouco flexíveis. Assim, restringiam os clientes aos produtos já existentes, e sentiam dificuldade em acompanhar qualquer mudança que pudesse existir no produto.

A Toyota Motors Company (TMC), devido à crise instalada no Japão, encontrava-se sem poder de compra e o mercado japonês não era suficientemente grande para garantir o sucesso da produção em massa. Procuravam assim, oferecer aos clientes produtos de alta qualidade e a preços menores que os seus concorrentes. Para tal, a Toyota entendeu que a única forma de sobreviver era apresentar algo que a diferenciasse dos restantes concorrentes ocidentais: variedade de produtos, aliados a um baixo custo e elevada qualidade. Para atingir estes objetivos, a Toyota teve de desenvolver um sistema de fabrico totalmente novo - O sistema TPS (Liker, 2004).

Tahichi Ohno, juntamente com uma equipa de engenheiros, foi o responsável pela criação desta nova filosofia de produção. Ohno tinha o conhecimento de como funcionava o sistema produtivo das empresas do ocidente, e procurou juntar o que de melhor existia nessas

indústrias (como por exemplo o fluxo contínuo) com a eliminação do desperdício existente no espaço fabril. Ambos os factores procuram sempre a mesma visão – satisfação total do cliente.

### **2.2. Filosofia Lean**

O termo “*lean*” foi citado originalmente no livro “*The machine that changes the world*” (Womack et al, 1990) no qual se descreveu a filosofia e os procedimentos de trabalho praticadas pela Toyota. O sistema produtivo da Toyota (TPS) foi alvo de um intenso estudo naquela época, pois suscitava grande curiosidade pela maneira da empresa conseguir produzir uma grande variedade de produtos a preços tão competitivos.

Esta filosofia distingue-se das restantes pois procura atingir a perfeição, e para isso foca-se muito na constante melhoria contínua (baseada no envolvimento e participação de todos os colaboradores), agregando assim as etapas que acrescentam valor ao produto, e reduzindo ou eliminando as que não acrescentam (desperdícios).

Conciliando estes fatores pretende-se assim obter uma redução contínua de custos, eliminar os defeitos nos produtos, minimizar o *stock* (se possível elimina-lo) e apresentar uma grande variedade de produtos. Esta melhoria contínua só é possível de obter através da otimização de toda a estrutura da organização, maximizando e criando valor ao longo de todo o ciclo de produção, e tendo como base as necessidades dos clientes.

### **2.3. Os 5 pilares Lean**

#### **2.3.1. Valor**

Ao contrário do que muitas pessoas pensam, não é a empresa que define valor mas sim o cliente. Pode-se entender valor como as características perceptíveis ao cliente que cada produto lhe proporciona (preço, qualidade, prazo de entrega etc). Para o cliente, é a necessidade que gera o valor, e cabe às empresas determinar qual é essa necessidade, procurar satisfazê-la e cobrar por isso um preço específico e justo, de forma a conseguir manter-se no mercado. (Hines et al., 2010).

### 2.3.2. Cadeia de valor

Segundo (Womack & Jones, 1996) é possível identificar e classificar os processos do sistema produtivo em 3 categorias: as atividades que efetivamente acrescentam valor ao produto (ex: corte numa guilhotina), as atividades que não acrescentam valor ao produto mas são necessárias para a manutenção da qualidade, e as atividades que não acrescentam valor nem apresentam qualquer utilidade (desperdícios). Após esta caracterização e distinção deve-se procurar começar a minimizar os chamados “desperdícios” e eliminá-los sempre que possível.

### 2.3.3. Fluxo Contínuo

Engloba os diferentes fluxos que possam existir (pessoas, materiais, informação) formando uma sequência lógica e contínua, sem que existam pontos de estrangulamento (gargalos) que impliquem a paragem ou redução de atividades num determinado ponto da cadeia. Procura-se assim formar uma cadeia balanceada, evitando *stocks* intermédios em excesso nos postos de trabalho.

### 2.3.4. Sistema Pull

Com este princípio pretende-se que a produção de um produto seja iniciada quando o cliente a solicita. Aplica-se assim o conceito de “*just-in-time*” produzindo as quantidades certas no momento certo, reduzindo assim o excesso de produção e conseqüentemente os *stocks*, bem como o uso de mão-de-obra desnecessária. Este princípio não segue o modelo tradicional (*push*) onde os processos de produção são desencadeados sem terem em conta a procura dos produtos, originando muitas vezes *stocks* elevados.

### 2.3.5. Perfeição

Conjugar todos os esforços da empresa em busca da perfeição, procurando a redução de desperdícios e a criação de atividades que acrescentam valor, ou seja, aplicando constantemente ações de melhoria contínua, também conhecidas como *kaizen*.



Figura 1- Os 5 princípios do lean thinking (adaptado de Pinto (2009))

## 2.4. Os 8 desperdícios

Como já foi referido anteriormente, desperdício é toda a actividade que não acrescenta valor ao produto. Na Filosofia *lean* existem três tipos de actividades, definidas por palavras japonesas, que não acrescentam qualquer tipo de valor ao processo: *Muda* (inutilidade), *Mura* (desigualdade) e *Muri* (excesso) (Liker, 2005).

Para determinar o tipo de desperdício *Muda* é necessário estudar todas as operações de fabrico, de forma a identificar as actividades que não acrescentam valor. Estas actividades que consomem recursos e não acrescentam valor, normalmente influenciam diretamente a produção, provocando o aumento do *lead time*, esperas etc.

*Mura* significa desnivelamento, variação. Segundo Liker (2005) *Mura* é o resultado do *Muda*, sendo o *Mura* causado pela variação da qualidade, transporte ou custo durante o processo, tendo como principais consequências a repetição de trabalhos e atrasos.

*Muri* significa solicitar um volume de trabalho excessivo a uma pessoa ou máquina. Por outras palavras, significa sobrecarregar os colaboradores ou equipamentos, provocando problemas ao nível da qualidade ou segurança.

Melton (2005) identificou os sete principais tipos de desperdícios existentes em qualquer sistema produtivo: sobreprodução, espera, transportes, movimentação, inventários, processamento excessivo, defeitos.

### 2.4.1. Sobreprodução

Significa produzir mais do que necessário, mais rápido que o necessário e antes que o necessário. Este tipo de desperdício é considerado o pior de todos, pois causa o aparecimento de todos os outros. Esta sobreprodução contraria claramente o conceito de *just-in-time*, um

dos pilares da filosofia *lean*. Algumas das consequências que advêm deste excesso de produção são:

- Aumento de *stock*
- Áreas da empresa ocupadas desnecessariamente
- Excesso de transportes e movimentos
- Consumo de materiais e de energia sem retorno financeiro para a organização

### 2.4.2. Espera

Tempos em que os colaboradores ou máquinas estão à espera de alguma coisa ou de alguém. Este tipo de desperdício ocorre por diversos motivos, como a inexistência de balanceamento ente postos de trabalho (postos mais rápidos esperam pelos produtos que vêm dos postos mais lentos), máquinas que apresentem falhas ou avarias técnicas ficando indisponíveis para a produção ou falta de matéria-prima para produzir, deixando operários e máquinas sem trabalho para realizar.

### 2.4.3. Transportes

Os desperdícios causados pelos transportes são dos mais fáceis de identificar. Em muitas empresas, devido à falta de organização na logística interna, os transportes causam enormes problemas à produção provocando muitas vezes paragens em postos de trabalho, devido ao operário ter que se deslocar para entregar material ao posto seguinte.

Esta necessidade grande de transportes, é causada principalmente pela má distribuição de equipamentos e setores no *layout* da fábrica. O ideal em qualquer situação, é que os materiais sejam capazes de fluir para a etapa seguinte o mais rápido possível, sem armazenamento intermédio e sem interrupções.

### 2.4.4. Movimentação

Qualquer movimento em excesso que não contribua para acrescentar valor é considerado desperdício. São provocados também pela má elaboração de *layout*, falta de organização de trabalho, incorreta disposição de equipamentos (colocação de calhas, painéis elétricos no chão da fábrica obrigando os colaboradores a contorna-los), e práticas de trabalho incorretas.

### 2.4.5. Inventários

Materiais ou produtos que estejam em quantidades superiores às necessárias no momento para o processo são consideradas desperdício. Quando existe inventários (*stock*) é sinal que estamos perante produto que vai estar parado durante um determinado tempo (muitas vezes indeterminado). Assim, os principais custos que estão associados ao *stock* são os de espaço e de sobreprodução. As principais razões para a sua existência são

- A adoção de *stocks* como medida normal da empresa
- Antecipação da produção
- Recursos gargalo
- Diferentes ritmos de trabalho

### 2.4.6. Processamento excessivo

Este tipo de desperdício está diretamente ligado à forma como as operações são executadas. Em cada processo, podem existir operações que depois de analisadas verifica-se que não acrescentam valor ao produto e por isso podem (e devem) ser eliminadas. Em suma, são considerados esforços redundantes que não acrescentam valor a um produto ou serviço.

As principais causas para a ocorrência deste desperdício muitas vezes devem-se a instruções de trabalho pouco claras e repetição de movimentos em tarefas constantes (fazer sempre da mesma maneira não significa fazer da melhor maneira possível).

### 2.4.7. Defeitos

Relativamente aos defeitos estes ocorrem devido a problemas internos de qualidade, e acarretam custos de inspeção e de medidas corretivas. O aparecimento de defeitos num sistema produtivo dá origem a uma cadeia de acontecimentos que promove tarefas e ações desnecessárias, ou seja, desperdício. Por vezes, quando há um elevado número de defeitos pode originar um aumento de *stocks* para compensar as peças com defeito, e ainda um aumento do número e frequência de inspeções. As principais causas dos defeitos são

- Falhas e erros humanos
- Ênfase apenas na inspeção final
- Ausência de padrões de auto-controlo

#### 2.4.8. Desperdício de capital intelectual

Recentemente introduziu-se na filosofia *lean* este desperdício. Significa não aproveitar a capacidade intelectual dos colaboradores na identificação e melhoria de situações, independentemente da sua posição na empresa. Por vezes, um determinado posto de trabalho é alvo de melhorias e o funcionário responsável por esse posto não é consultado o que vai contra a filosofia *lean*.

#### 2.5. A casa da *Toyota Production System*

O sucesso do modelo TPS baseia-se maioritariamente na aplicação de métodos e ferramentas que a Toyota desenvolveu, representados na casa do TPS que tem como pilares o *Just-in-time* (JIT) e o *Jidoka* (Liker, 2004; Womack, et al., 1990). Segundo Monden (1983), é possível obter um fluxo de produção contínuo e uma rápida adaptação a variações da procura através da implementação destes dois conceitos. Como ilustrado na Figura 2, além destes dois pilares o modelo TPS engloba outros conceitos importantes como *kaizen* (melhoria contínua), produção nivelada, gestão visual, o ciclo *PDCA* (*Plan-do-check-action*), *poka-yoke*, sistema *pull*, entre outros (Liker, 2004).

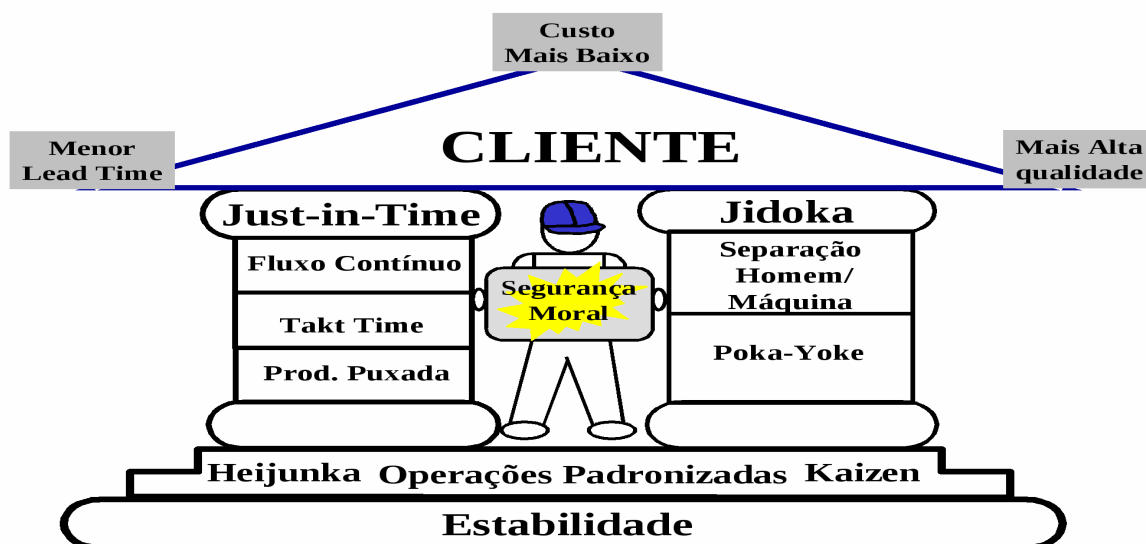


Figura 2- A casa TPS (adaptado de Liker (2004))

Tal como a construção de uma casa real, no modelo TPS para se atingir o telhado é necessário primeiro construir e solidificar a base e os pilares. Ou seja, a filosofia TPS requer

primeiramente organização (Gestão Visual, 5S) de forma a obter-se processos estáveis e padronizados que permitam produzir de forma nivelada. Após a aplicação destes conceitos é possível atingir o *JIT* e o *Jidoka*. Este nível só é alcançado quando há um envolvimento total das pessoas e das equipas de trabalho que procuram constantemente a melhoria contínua, através da redução de desperdícios. Interligando-se todos os conceitos, é então possível produzir com melhor qualidade, ao menor custo com menor *lead time* e maior segurança.

### 2.5.1. *Just-in-time*

A técnica *Just-In-Time* (JIT) (Ohno, 1988) foi desenvolvida no Japão e é um dos pilares do TPS. Tal como a filosofia lean procura a eliminação contínua de desperdícios. Segundo Liker (2004), a aplicação do sistema JIT permite produzir o necessário, quando necessário, e nas quantidades necessárias, utilizando o mínimo de recursos na produção (mão de obra e equipamentos).

A produção JIT baseia-se num sistema *pull*, i.e., é o cliente que puxa a produção. Para implementar o JIT é necessário um mecanismo que puxe a produção. Um destes mecanismos é o *kanban* (palavra japonesa que significa cartão) que foi desenvolvida por Taichi Ohno para controlar as quantidades e as operações entre processos (Gross & McInnins, 2003).

Segundo Dennis (2007) existem dois tipos de *kanban*: o *kanban* de produção, que dá origem às ordens de produção, incluindo o tipo de produto e quantidades; e o *kanban* de transporte que indica o produto e as quantidades a retirar entre dois postos de trabalho.

De acordo com (Chan, 2001) o número de *kanbans* necessários num sistema é determinado através da seguinte equação

$$\text{nº de kanbans} = \frac{D \times LT \times (1 + a)}{c}$$

Em que: D é a procura média, LT é o *lead time*, a é o fator de segurança e c é o tamanho do contentor.

Gerir um fluxo de produtos através do método *kanban* exige uma grande fluidez de escoamento dos produtos (Courtois, Pillet, & Martin Bonnefous, 2006). Para atingir tal fluidez, é necessário introduzir melhorias nos sistemas produtivos (Gestão Visual, *SMED*, etc) que variam de empresa para empresa. Algumas das vantagens da implementação deste sistema *kanban* são:

- Permite visualizar problemas do processo produtivo, que se encontravam disfarçados



- Melhoria da qualidade, prazos de entrega mais curtos.
- Redução de *stock*, que se traduz em redução de custos e maior espaço disponível na fábrica.

### 2.5.2. *Jidoka*

*Jidoka* é uma palavra japonesa que significa a autonomia que o operador ou a máquina têm para parar o processo quando é detetada alguma anomalia (Ghinato, 1996). Por conseguinte, é possível evitar a propagação de defeitos e impedir a ocorrência de anomalias no processamento e no fluxo de produção (Liker & Meier, 2006).

Para implementar o *Jidoka*, o TPS usa (entre outras ferramentas) mecanismos *poka-yoke*. Segundo Fisher (1999) um *poka-yoke* é qualquer mecanismo que além de prevenir que um determinado erro aconteça faz também com que o erro seja detetado mais facilmente, paralisando o processo até que a causa da anomalia seja corrigida. Segundo (Shingo,1989) o *poka-yoke* pode-se distinguir em dois tipos: o de controlo e o de advertência. *Poka-yoke* de controlo faz com que a máquina/equipamento pare quando ocorre alguma anomalia impedindo a produção de produtos não-conformes. Por outro lado, o *Poka-yoke* de advertência indica, através de um sinal sonoro ou luminoso, que algo não ocorreu como estava previsto/planeado.

### 2.5.3. Nivelamento

Nivelamento ou *Heijunka* em Japonês, consiste em programar uma grande diversidade de produtos por um determinado período de tempo, sem grandes variações das quantidades a produzir. Desta forma, o nivelamento permite às empresas responder às diferentes necessidades dos seus clientes sem acumular *stock* (Monden, 1983).

O nivelamento difere da produção em massa, uma vez que nesta os produtos são produzidos em grandes lotes em vez de um de cada vez (lote unitário), aumentando assim a quantidade de *stock*. Esta produção em excesso por vezes nem chega a ser vendida (devido a alterações dos pedidos dos clientes ou variação da procura) podendo até danificar-se devido às diversas movimentações e ao elevado tempo armazenado (Matzka, 2009).

Segundo Coimbra (2009) o nivelamento da produção passa pela criação de três ferramentas visuais essenciais, nomeadamente a caixa logística, a caixa de nivelamento e o sequenciador.

- Caixa logística: dispositivo onde se colocam as ordens de produção de acordo com a data de início da produção e o nivelamento da carga durante um período de tempo (semana/mês). Cada coluna corresponde a um dia de planeamento e cada linha a uma família de produtos ou célula de produção.
- Caixa de nivelamento: dispositivo semelhante à caixa logística, apenas com um período de planeamento diferente, ou seja, um dia dividido pelo *Pitch*. Permite nivelar a carga diária para cada sector de produção ou família de produtos, por cada *Pitch*.
- Sequenciador: É um dispositivo existente em todas as células de produção que permite informar quais são as atividades a realizar.

### 2.5.4. *Standard Work*

Segundo Monden (1998) o *standard work* permite aos operadores saberem qual a sequência de operações nas máquinas ou ferramentas quando utilizadas. Os operadores devem também contribuir com as suas opiniões e sugerir padrões diferentes para serem aplicados (Arezes, Carvalho & Alves, 2010). Para se proceder à aplicação do *standard work*, é necessário que três elementos coabitem: 1) *takt time*, corresponde à procura do mercado, ou seja, de quanto em quanto tempo é necessário produzir um produto para satisfazer a procura; 2) sequência de trabalho, que consiste no seguimento de passos que um operador deve seguir para realizar a tarefa da melhor maneira; 3) *standard WIP* corresponde à quantidade de *stock* que se deve manter para existir fluxo contínuo.

A implementação do *standard work* nem sempre tem sucesso, facto que se deve a algumas empresas pretenderem normalizar tudo, ou escolherem áreas de atuação de uma forma pouco metódica (Grichnik, Bohnen, & Turner, 2009)

### 2.5.5. Metodologia 5S

Segundo Osada (1991) a metodologia 5S permite reduzir ou eliminar desperdícios e atividades que não acrescentam valor ao produto através da arrumação, organização e limpeza dos postos de trabalho. Os 5S surgem assim como um processo que permite reduzir desperdícios, de forma a facilitar o uso dos objetos necessários, no momento necessário e nas quantidades necessárias (Moden, 1983).

A sigla 5S advém de 5 palavras japonesas começadas pela letra S, e segundo Imai (1986), a definição de cada etapa é:

Seiri – Separar – consiste na separação dos materiais que são utilizados constantemente, dos que raramente ou nunca são utilizados.

Seiton – Organizar – permite ordenar as ferramentas e os materiais de modo a que seja fácil a sua identificação

Seiso – Limpar – Permite que os postos de trabalho estejam limpos, aumentando assim a segurança e a qualidade dos produtos.

Seiketsu – Normalizar – Esta etapa só pode ser implementada quando as anteriores estiverem concluídas. Permite estabelecer regras e procedimentos de trabalho para que o operário tenha conhecimento de como as executar.

Shitsuke – Compromisso e autodisciplina – Assegura a manutenção das etapas anteriores, e insere a mentalidade dos 5S na forma de estar dos colaboradores da empresa.

O esquema da figura 3 sintetiza o conceito da metodologia 5S



Figura 3- Metodologia 5S (adaptado de Osada (1991))

### 2.5.6. Gestão Visual

Gestão Visual consiste na exposição de informação com o objetivo de apoiar os operários nas operações que estão a realizar, conseguindo assim tornar o processo mais simples para os funcionários com menos experiência nessa operação (Pinto, 2009). A linguagem utilizada nesta ferramenta deve ser simples e acessível para que todas as pessoas a compreendam da mesma forma (Hall, 1987).

De acordo com Shingo (1989), a gestão visual pode ser implementada através da aplicação de trabalho normalizado, delimitação e identificação de espaços, sinalização luminosa (*Andon*), quadros informativos e medidas de desempenho. Para Pinto (2009) a maior vantagem desta ferramenta é a possibilidade de auxiliar a gestão com o controlo dos processos de produção permitindo evitar os erros, bem como diminuir os desperdícios.

### 2.5.7. Kaizen

*Kaizen* é uma metodologia criada por Masaaki Imai (1986) que, em português, significa melhoria contínua. Segundo Imai (1991) o principal objetivo desta metodologia é a contínua redução dos desperdícios e de todas as operações que não acrescentam valor ao produto, sob o ponto de vista do cliente.

Segundo Ortiz (2006) para atingir esta melhoria contínua é necessário o envolvimento de todos os colaboradores, não sendo necessário recorrer assim a avultados investimentos financeiros.

Uma das ferramentas utilizadas nesta metodologia é o ciclo *PDCA* proposto por Shewhart (1931). Esta ferramenta é baseada na formulação de hipóteses e recolha de informação e depois é testada. Este ciclo consiste em 4 etapas: 1) “*Plan*” planejar as ações a serem desenvolvidas para o plano de melhoria 2) ”*Do*” implementação das ações no plano de melhoria 3) ”*Check*” verificar as ações que foram implementadas 4) ”*Act*” ações de melhoria de todo o processo para não se errar novamente. Usualmente, apresenta-se estas etapas na forma de um círculo (Rother, 2009) como demonstrado na figura a seguir.



**Figura 4- Ciclo PDCA (Rother 2009)**

### 2.5.8. *Value Stream Mapping (VSM)*

O VSM é uma ferramenta que permite representar os fluxos de materiais e os fluxos de informação de toda a cadeia de valor, distinguindo as atividades que acrescentam e que não acrescentam valor (Rother & Shook, 1999). A utilização do VSM permite criar uma linguagem simples e uniforme que pode ser entendida por todos, proporcionando uma visão global da cadeia de valor (de um produto ou família de produtos) bem como a origem dos seus desperdícios.

A elaboração do VSM implica uma execução sequenciada dos seguintes procedimentos (Rother & Shook, 1999):

- Definição da família de produtos – é comum escolher-se a mais importante para os clientes
- Construção do VSM do estado atual.
- Elaboração do VSM que representa o estado futuro, ou seja, o VSM com os processos e fluxos já melhorados, através da eliminação dos desperdícios e outros problemas encontrados.
- Criação de um plano de trabalhos para atingir esse estado futuro.

### 2.5.9. *Single Minute Exchange of Die (SMED)*

Usualmente dá-se o nome de *setup* ao conjunto de operações necessárias para preparar as máquinas/equipamentos para produzir. Este tempo de *setup* é um fator fulcral para a flexibilidade das empresas face ao mercado, pois quando os tempos de *setup* são muito elevados é comum aumentar o tamanho dos lotes, de forma a reduzir o número de vezes que é necessário realizar as trocas de ferramentas e conseqüentemente, diminuir o tempo perdido

(Shingo,1985). Durante o tempo de *setup* não é acrescentado valor ao produto, e como tal é considerado um desperdício, logo deve ser reduzido ao máximo.

O *Single Minute Exchange of Die* (SMED) é um conjunto de técnicas que tem como objetivo reduzir o tempo de preparação das máquinas para menos de dez minutos. Como principais vantagens da redução do tempo de *setup* temos:

- Aumento da flexibilidade em relação ao mercado – as empresas conseguem atender às necessidades de mudança do cliente
- Melhoria da qualidade – menor quantidade de *stock* → diminuição dos defeitos
- Diminuição dos prazos de entrega – produção de lotes mais pequenos que levam à diminuição do *lead time* e consequentemente ao tempo de espera do cliente
- Aumento da produtividade – com uma troca de ferramentas mais rápidas diminui-se os tempos de inatividade (desperdício) o que aumenta a taxa de produtividade da máquina/equipamento

Relativamente ao *Setup* é comum dividi-lo em dois tipos de operações:

- *Setup* Interno – operações que apenas podem ser realizadas com a máquina parada
- *Setup* Externo – operações que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento

Segundo Shingo (1985) a metodologia SMED baseia-se em três etapas:

1. Distinção de *setup* interno de *setup* externo – organização das operações, classificando-as em *Setup* Interno ou *Setup* Externo.
2. Conversão do *setup* interno em *setup* externo – tentar encontrar maneira de transformar o máximo de tempo de *setup* interno em *setup* externo
3. Racionalização de todos os aspetos das operações de *setup* – de forma a continuar a reduzir o tempo de *setup*, é necessário analisar todos os detalhes básicos das operações.

### **2.5.10. Waste Identification Diagram (WID)**

O *Waste Identification Diagram* é um diagrama que pretende descrever uma unidade produtiva de forma a ser facilmente reconhecidos os seus elementos chaves como processos, fluxos, produtos, desempenho e desperdícios (Dinis-Carvalho, 2013).

Este modelo de análise e diagnóstico de sistemas produtivos pretende analisar os elementos da produção através de um conjunto definido e limitado de dados sobre cada um dos seus processos.

O *WID* utiliza blocos e setas para representar o sistema produtivo. Relativamente aos blocos estes dão-nos a informação sobre o *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* representa o tempo que demora a preparar a máquina e o *WIP* refere-se à quantidade de produtos que estão à espera para serem processados na estação de trabalho em causa. Na figura seguinte é apresentado um bloco do *WID*.

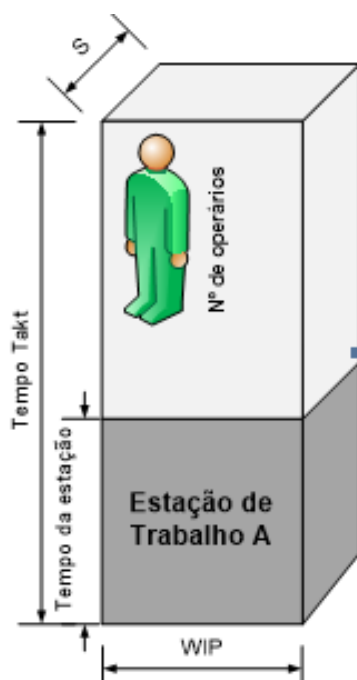


Figura 5- Representação do bloco no *WID* (Dinis-Carvalho (2013))

Como se pode observar a altura do bloco corresponde ao *Takt Time*, enquanto que a parte a cinzento corresponde ao Tempo de Ciclo. A largura do bloco corresponde ao *WIP* e a profundidade ao Tempo de *Setup* (na figura definido como “S”).

Relativamente às setas estas indicam o esforço de transporte. Quanto mais larga for a seta maior é a quantidade de produtos (ou outra unidade) a transportar. O comprimento indica a distância percorrida pelo operário, ou seja, quanto maior for a distancia maior será o comprimento da seta.

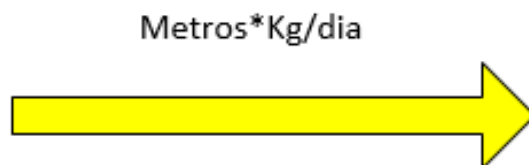


Figura 6- Apresentação do esforço de transporte (Dinis-Carvalho (2013))

Na figura o esforço de transporte é calculado em metros e kg, mas geralmente utilizam-se as unidades que são mais convenientes para o processo.

### 2.5.11. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

O OEE foi criado por Nakajima (1988) na *Toyota Production System* não apenas para medir o desempenho dos equipamentos, mas também como uma ferramenta para alcançar a melhoria contínua dos processos produtivos e dos próprios equipamentos. Silva (2013) classifica OEE como um indiciador que mede o desempenho de uma forma tridimensional uma vez que leva em consideração 3 características

- Disponibilidade - Tempo útil que o equipamento tem para produzir
- Eficiência - A eficiência do equipamento durante o seu funcionamento
- Qualidade - A qualidade dos produtos obtidos pelos processos.

O OEE é então obtido pela multiplicação dos três factores numéricos, como está representado através da seguinte equação.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Velocidade} \times \text{Qualidade}$$

A Disponibilidade representa o tempo de trabalho efetivo ou tempo de funcionamento da linha de produção face ao tempo disponível:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de funcionamento}}{\text{Tempo disponível}}$$

O Tempo Disponível é a diferença entre o tempo previsto de trabalho e as pausas planeadas

$$\text{Tempo Disponível} = \text{Tempo de turno} - \text{Paragens planeadas}$$

Por sua vez, o Tempo de funcionamento é obtido através da diferença entre o tempo disponível e as paragens não planeadas como avarias, *changeover* (troca de ferramentas), tempos sem produzir etc.



Tempo de funcionamento = Tempo disponível – Paragens não planeadas

A velocidade é dada pela seguinte fórmula:

$$\text{Velocidade} = \frac{\text{tempo de ciclo ideal} \times \text{Produção real}}{\text{Tempo de funcionamento}}$$

O tempo de ciclo ideal é aquele que corresponde à capacidade máxima instalada.

Por fim, a Qualidade é dada pela fórmula seguinte:

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Produção sem defeitos}}{\text{Produção Total}}$$

### 2.5.12. Comboio Logístico

O comboio logístico, também conhecido por *Milk-Run* ou *Mizusumashi*, é um meio de transporte de matérias-primas, peças/componentes de montagem e produto acabado que viaja pela zona de produção abastecendo ou recolhendo os materiais (conforme o caso), proporcionando rapidez, flexibilidade e eficiência no abastecimento de materiais (Coimbra, 2009).

Este abastecimento é realizado de uma forma cíclica, com tempos predefinidos, e percorrendo uma rota normalizada com pontos de paragem pré-estabelecidos (Coimbra, 2009). O comboio logístico vem ocupar o lugar e as tarefas dos tradicionais empilhadores e porta-paletes. A figura 7 apresenta o sistema tradicional de abastecimento (empilhador) e o sistema de comboio logístico no qual se usa um comboio com carruagens atreladas.

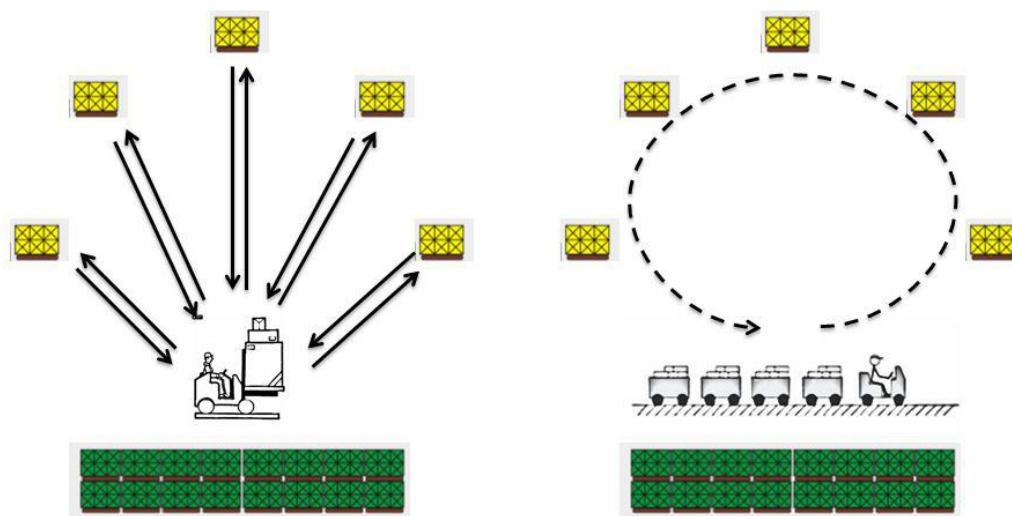


Figura 7- Sistema tradicional vs Comboio logístico (Coimbra, 2009)

No sistema tradicional, quando há necessidade de abastecer um determinado posto de trabalho, o operador da logística é informado e dirige-se ao armazém recolhendo os materiais necessários, depositando-os em seguida no respetivo posto de trabalho, e voltando depois para o lugar inicial. Este sistema repete-se sempre que surge uma necessidade. A transferência de informação fica a cargo dos colaboradores, não existindo nenhuma norma definida o que por vezes cria excesso de *stock* junto às linhas ou células de produção (Coimbra, 2009).

Por outro lado, no sistema de comboio logístico o operador da logística sabe que seguindo a rota normalizada e respeitando os intervalos de tempo predefinidos, consegue abastecer todos os postos realizando apenas um circuito. Assim, a soma dos deslocamentos neste sistema é inferior e apesar da frequência de abastecimentos poder aumentar, consegue-se obter melhorias ao nível da redução de custos com *stock* e diminuição de transportes de material (Amorim, 2008). Assim, o comboio logístico contribui para a diminuição dos desperdícios, pois reduz as paragens de abastecimento (caso sejam os operários a realizarem os transportes) e diminui o nível de *stock*, uma vez que quanto menor for o tempo de ciclo maior será a frequência de abastecimento.

Pode-se então afirmar que o *mizusumachi* apresenta as seguintes vantagens, quando comparado com o sistema tradicional:

- Apenas recolhe, transporte e entrega os materiais necessários.
- O abastecimento é normalizado e planeado.
- As eventuais falhas que possam existir são detetadas antecipadamente.
- Apenas é necessário uma pessoa para os transportes (operador do comboio logístico).
- Os postos de trabalho definem as entregas.
- Fornecimento de vários materiais e componentes.
- Vantagens ecológicas relativamente ao uso de empilhadores movidos a gás ou a gasóleo.

### 3. DESCRIÇÃO DA UNIDADE PRODUTIVA

O desenvolvimento desta dissertação foi realizado na empresa Eletro Instaladora de Bairro (EIB), em Bairro, Famalicão. A sua principal atividade é a produção de quadros elétricos, apesar de também produzir um elevado conjunto de outros produtos complementares (painéis, caixas, frontais, etc.) A EIB conta com um total de 50 colaboradores distribuídos por várias áreas e secções, e com uma área total de 7000m<sup>2</sup>.

Neste capítulo procede-se à descrição geral do sistema produtivo e do fluxo de materiais da empresa. Durante a realização desta dissertação decorreu a instalação de uma linha de produção de corte e quinagem (Salvagnini), uma máquina de colocação de pernos, uma máquina de processamento de cobre e dois robots de soldadura.

#### 3.1. Descrição Geral do Sistema Produtivo

O processo produtivo da EIB conta com 30 operários e apresenta uma grande quantidade de equipamentos. Na tabela 1 encontram-se as principais máquinas existentes na empresa bem como a relação processo/operário

Tabela 1- Número de operários por processo de fabrico

Processo	Nº de operários
<b>Laser e puncionadora</b>	1
<b>Guilhotina</b>	1
<b>Salvagnini</b>	1
<b>Puncionadora</b>	1
<b>Quinagem</b>	2
<b>Soldadura</b>	6
<b>Acabamento</b>	2
<b>Pintura</b>	3
<b>Montagem</b>	10
<b>Total</b>	27

Na tabela 1 apenas estão representados 27 operários pois os restantes 3 operários são responsáveis pela parte das ferramentas e manutenção, não tendo nenhum equipamento/máquina específico. Muitas vezes também ajudam noutras secções

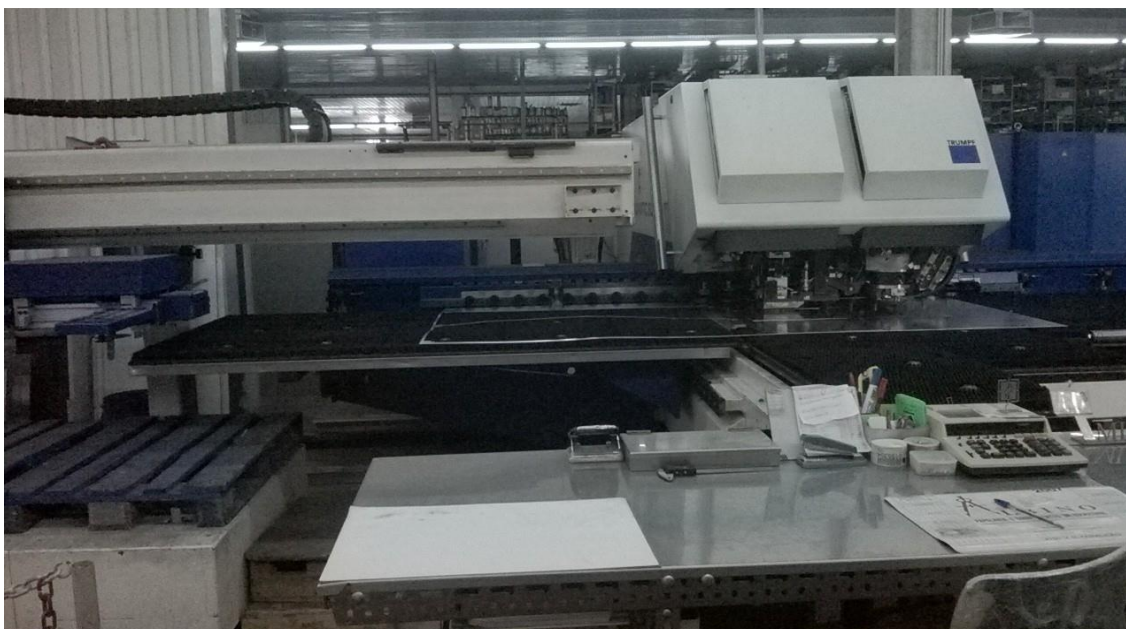
(principalmente pintura) e realizam as tarefas nos equipamentos que não são utilizados todos os dias (prensa, cravar pernos, processamento de cobre).

Uma breve apresentação sobre cada processo é apresentada em seguida.

### 3.1.1. Laser com punção

O processamento de chapa é uma das condições mais importantes no desenvolvimento e na capacidade de produção de uma empresa metalomecânica.

A EIB, como resposta a este desafio e na procura constante da melhor solução tecnológica, está equipada com uma máquina a laser e punção (combinada). É comum, quando a necessidade obriga a um corte de melhor acabamento e eficácia o recurso a esta máquina.



**Figura 8- Máquina laser**

### 3.1.2. Quinagem

A quinagem é um processo de conformação mecânica gerado pelo surgimento de esforços de tração e compressão simultâneos nos lados contrários da chapa, dobrando-a. Durante este processo, ocorre uma redução de espessura e o alongamento na parte sob tração.

A quinagem de peças na EIB pode ser realizada de forma automática (quinadeira robot) ou de forma manual (colaborador), tendo a empresa uma vasta gama de soluções.



**Figura 9- Quinadeira robot**

### **3.1.3. Soldadura**

A filosofia da Soldadura assenta em elevados padrões de qualidade, visando não só a inteira satisfação do cliente, mas também, uma maior competitividade nas empresas do mesmo ramo.

A EIB dispõe de três tipos de soldadura (Eléctrodo Revestido, TIG e MIG) adaptando-se a todo o tipo de metais que precisam ser unificados.



**Figura 10- Área da soldadura**

### 3.1.4. Acabamento Serralharia

Atualmente os produtos têm de possuir uma excelente qualidade, mas também um acabamento que possua uma boa aparência e elevada resistência à corrosão por longos períodos de tempo.

O acabamento da serralharia engloba todas as operações e preparações que os produtos necessitam antes de seguirem para a pintura ou para o cliente.



**Figura 11- Zona do acabamento**

### 3.1.5. Pintura

A tinta em pó é um dos mais recentes e avançados sistemas de revestimento para produtos que requerem alta proteção e alto nível de acabamento, tanto para fins estéticos como funcionais. Assim, a EIB optou por este sistema de pintura, por se tratar de um processo confiável, e de fácil manuseamento, com elevado rendimento, baixa agressividade para o meio ambiente e para a humanidade, e por os seus efeitos poluidores serem desprezáveis.

Atualmente a EIB possui uma linha de pintura com dez pistolas automáticas e duas manuais permitindo uma pintura homogênea e com elevada qualidade, e um reservatório de tintas que permite rapidez e versatilidade na mudança das mesmas.

A EIB utiliza o sistema de cores RAL, por ser um dos sistemas de cores universais mais usados em todo o mundo. Este sistema representa cores padronizadas e usadas em muitas indústrias, materiais, equipamentos e marcas existentes no mercado.



Caso o cliente pretenda que seja retirada a tinta em desuso de um determinado produto, a EIB possui uma tina de decapagem. Contudo, terá de ser feito um estudo prévio da peça e do tipo de matéria-prima antes de efetuado esse processo.



**Figura 12- Pintura automática**

### 3.1.6. Montagem Elétrica

O quadro elétrico é um componente imprescindível numa indústria ou numa residência, e devido a esta circunstância, a EIB tem ao seu dispor a possibilidade de eletrificar os quadros em chapa produzidos pela empresa ou em PVC facultados pelos diversos fornecedores. Os quadros elétricos produzidos pela EIB são de fácil e rápida assemblagem.

A montagem elétrica labora apenas com pessoal tecnicamente especializado, e é responsável por realizar eletrificação desde o menor quadro AVAC até ao grande quadro de distribuição industrial.

A eletrificação de quadros é executada segundo os esquemas elétricos fornecidos pelo cliente ou desenvolvidos pelo departamento técnico na área de potência e comandos.

Crescendo de uma forma sustentada e dando resposta aos constantes desafios tecnológicos, os quadros elétricos são fabricados de acordo com as normas em vigor e são alvo de controlos rigorosos e acompanhamento técnico.

Cada quadro elétrico é acompanhado da “Declaração de Conformidade CE”, assim como do relatório de inspeção de ensaios finais, homologados pelo Instituto Eletrotécnico Português (IEP).



**Figura 13- Zona da montagem**

### 3.1.7. Centro de Corte e Quinagem “Salvagnini”

A EIB adquiriu uma linha de processamento de chapa Salvagnini constituída por corte/punção e quinagem, capaz de garantir alta performance e eficiência do processo.

Sendo um sistema altamente flexível, produtivo e automático, garante uma gestão de material mais eficiente, minimizando o desperdício de chapa.

Esta linha de produção segue a filosofia *lean*, pois o transporte entre o corte e a quinagem é automático (através de um tapete rolante, seguindo também a filosofia *one-piece-flow*).



**Figura 14- Salvagnini**



### 3.1.8. Máquina de cravar de parafusos automática

De forma a melhorar a produtividade através da redução do tempo de ciclo da operação “cravar parafusos” a EIB adquiriu uma máquina de inserção. Este equipamento tem a possibilidade de incluir quatro insertos diferentes por peça, oferecendo aos seus clientes um produto com maior qualidade e conformidade.



Figura 15- Máquina de parafusos

### 3.1.9. Robots de Soldadura

Durante o período final desta dissertação também foram instalados dois robots de soldadura que têm como objetivo automatizar este processo. Um dos robots vai soldar por pontos, enquanto que o outro robot tem a capacidade de soldar por cordão TIG. Atualmente os robots ainda se encontram na fase de testes, não estando ainda operacionais.



Figura 16- Robots de soldadura

### 3.2. Layout do sistema produtivo

O *layout* do sistema produtivo da EIB encontra-se representado na figura 17. Existem equipamentos que não estão representados na imagem devido à sua baixa taxa de utilização, e por essa razão não serão alvo de uma análise detalhada.

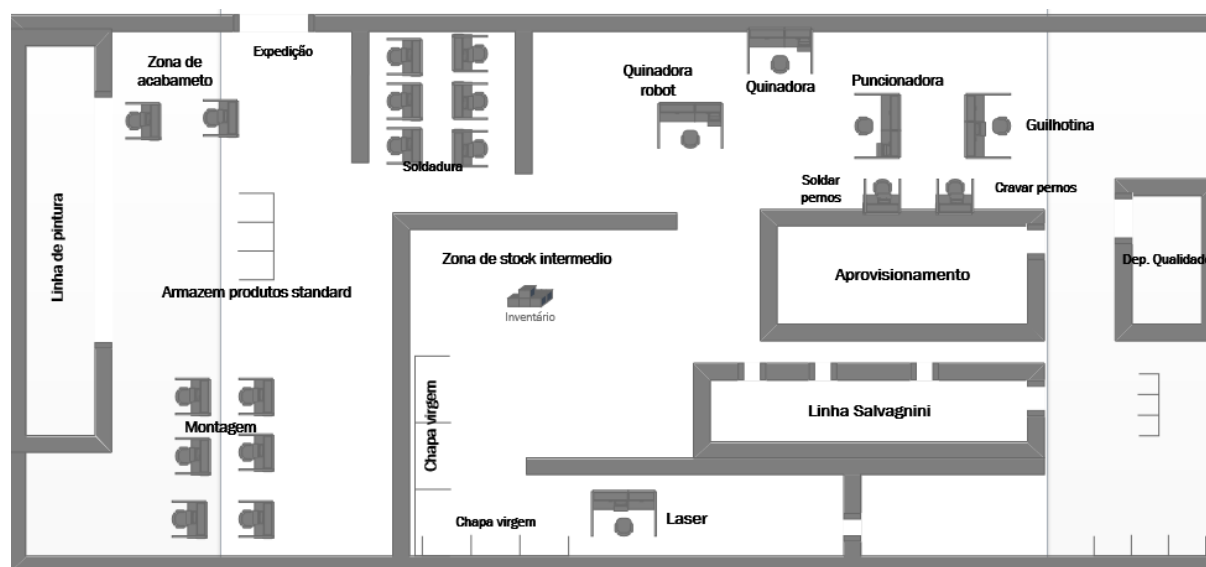


Figura 17- Layout da EIB

O departamento técnico e de qualidade encontra-se junto à zona de produção e é neste local que se encontram o autor da dissertação, o diretor da produção, o diretor da qualidade, e os programadores da máquina laser e da Salvagnini. A zona de *stock* intermédio apresentada na figura, é onde se colocam as peças que não cabem junto às estações de trabalho, devido à falta de espaço. Sendo assim, esta zona apresenta peças que vão para a soldadura, quinagem, pernos, etc. O armazém de produtos *standard* encontra-se entre a montagem e a zona de acabamento, e tem em *stock* principalmente os quadros elétricos que a empresa apresenta nos catálogos.

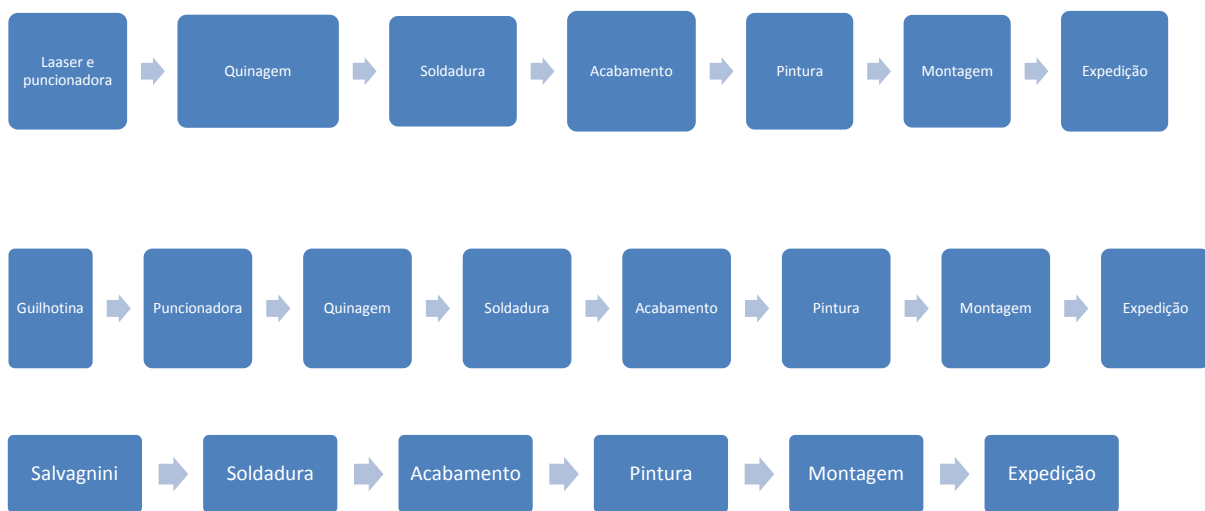
### 3.3. Planeamento de produção

Na EIB não existe um planeamento de produção nem uma previsão de vendas. A dificuldade em criar um planeamento deve-se essencialmente à existência de prioridades (de clientes, de protótipos, etc) e ao facto da gestão de topo (2 patrões) muitas vezes pararem uma determinada obra para começar outra. Assim, apesar de ser o diretor de produção que indica aos operários com que obra devem avançar, muitas vezes 1 dos patrões pode parar essa obra

para avançar com outra, criando confusão no sistema produtivo. Outro dos fatores que complica a existência de um planeamento de produção, é a grande variabilidade de produtos e a falta de medidas de desempenho. Por exemplo, não existe uma estimativa de tempos de ciclo para os produtos, não se sabendo ao certo quanto tempo é que um determinado produto demora a ser produzido.

### 3.4. Descrição do sistema produtivo e fluxo de materiais

Normalmente quando se inicia a produção de um produto este segue uma das seguintes rotas



**Figura 18- Principais rotas dos produtos da EIB**

É importante referir mais uma vez que a Salvagnini é uma linha de corte e quinagem, e por esta razão a próxima operação que está indicada é a soldadura.

Na figura 19 é representado este fluxo no *layout* da empresa para uma melhor perceção real. O circuito da salvagnini não está representado pois enquanto se realizava a fase de análise e diagnóstico a linha ainda estava em testes.

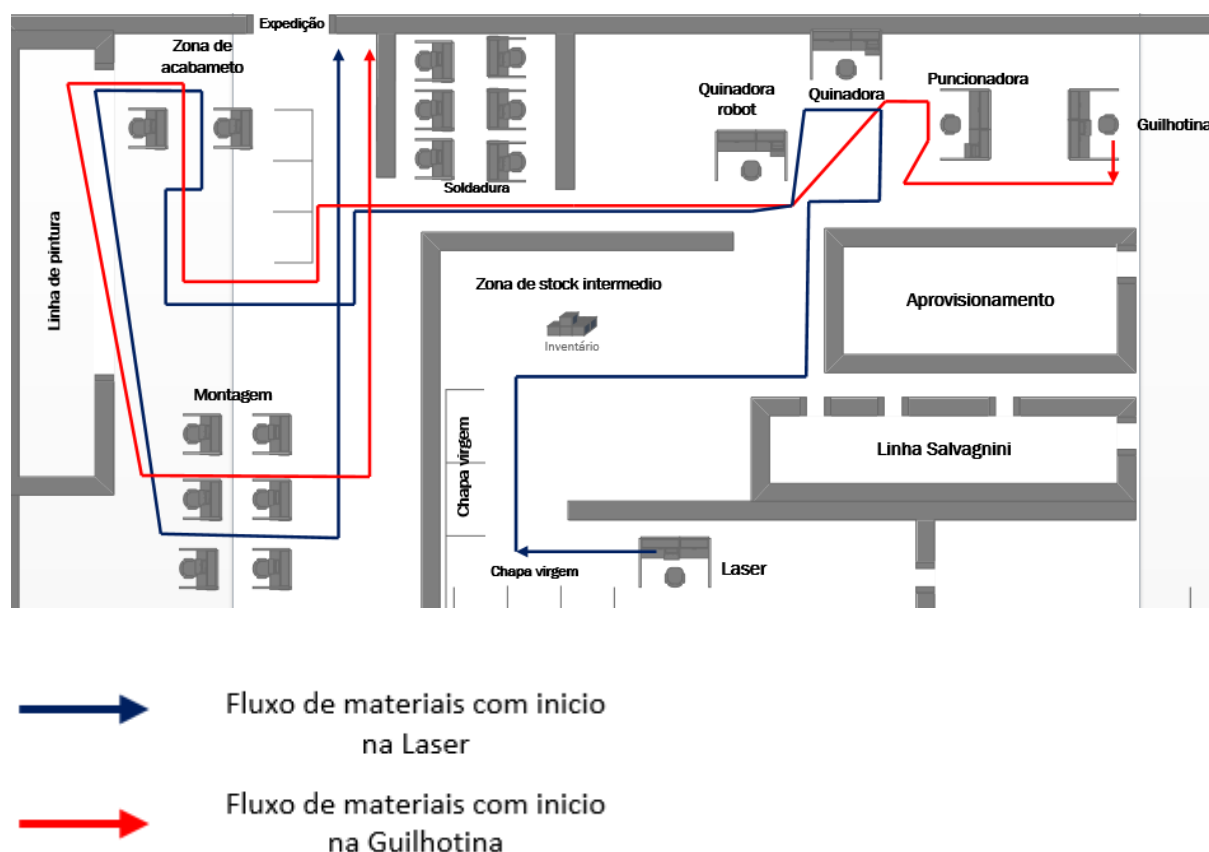


Figura 19- Principais fluxos de materiais na EIB

Como se pode observar através da figura 19, a distância entre a máquina laser e a quinagem é bastante grande (50 metros). Também se verifica que o fluxo de materiais não é direto, pois os produtos invertem o sentido na zona de montagem para seguirem até à expedição.

### 3.5. Caracterização e fluxo de informação

A EIB responde às necessidades da procura produzindo por encomenda, logo o desencadear de todo o processo produtivo inicia-se após o recebimento das mesmas. As encomendas podem ser classificadas em dois tipos: encomendas *standard* e encomendas não *standard*. O primeiro tipo diz respeito às encomendas cujos produtos encontram-se no catalogo da EIB, enquanto que as encomendas não *standard* são aquelas em que os produtos diferem dos que se encontram no catálogo.

O departamento comercial é o responsável pelo recebimento das encomendas, via correio electrónico ou telemóvel e pelo lançamento delas no *software* de gestão da empresa, o “SOFTMAIS”. Ao serem lançadas no *software* é atribuído um nº de análise à encomenda e

são preenchidos todos os campos importantes (quais as dimensões e tipo da matéria-prima, desenho técnico, lista de materiais, postos de trabalho onde o produto vai passar, etc). Tal como as encomendas, os clientes também podem ser classificados em dois tipos: clientes normais, e os clientes prioritários. Por conseguinte, cada cliente tem associado prazos de entrega diferentes e consequentemente ordens de produção prioritárias.

Ao mesmo tempo que a encomenda é lançada no *software* é enviada via email do departamento comercial para o gabinete técnico e da qualidade. Aí, o diretor de produção, que também é o responsável pelo desenho técnico (Autocad/SolidWorks) trata de todos os ajustes necessários (cotas, tolerâncias, etc) e mediante as necessidades do produto, encaminha-o para um dos três caminhos que se referiu anteriormente. Pode seguir diretamente para a área produtiva (Guilhotina), seguir para o programador da máquina laser que é responsável pelos programas da máquina através do *software* “TRUETROPS” ou para o programador da Salvagnini que faz os respetivos programas para a linha. Na figura seguinte apresenta-se um diagrama que mostra o trajeto das encomendas desde o momento em que chegam ao departamento comercial até entrarem no sistema produtivo.

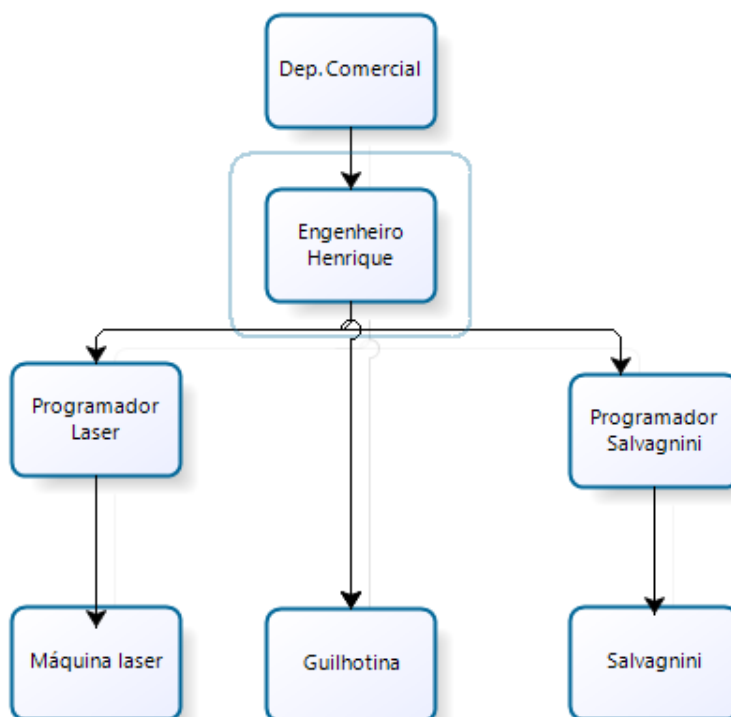


Figura 20- Fluxo e etapas das encomendas

Além de se abrirem as encomendas no *software* da empresa, estas também são enviadas em papel. A chamada “ficha-mãe” é enviada para a primeira estação de trabalho por onde o

produto vai passar, e acompanha sempre o produto ao longo do sistema produtivo. Simultaneamente, também são enviadas cópias desta “ficha-mãe” para todas as secções por onde o produto vai passar, causando assim um aglomerado de fichas e folhas na zona de produção.

### 3.6. Controlo dos postos de trabalho

A EIB utiliza o “SOFTMAIS” que contém todos os dados das fichas de produção em formato eletrónico (tirando os desenhos técnicos). Além disto, regista também os produtos que passaram em cada posto de trabalho, qual o operário que os executou, e o tempo que foi necessário.

Quando se começa a produzir as peças de uma determinada encomenda é necessário proceder à sua abertura no sistema eletrónico. Assim, existem computadores espalhados ao longo da área fabril onde os operários se deslocam para registar o início ou o fim de cada ficha de execução. A figura 21 mostra a localização de cada computador dentro do sistema produtivo.

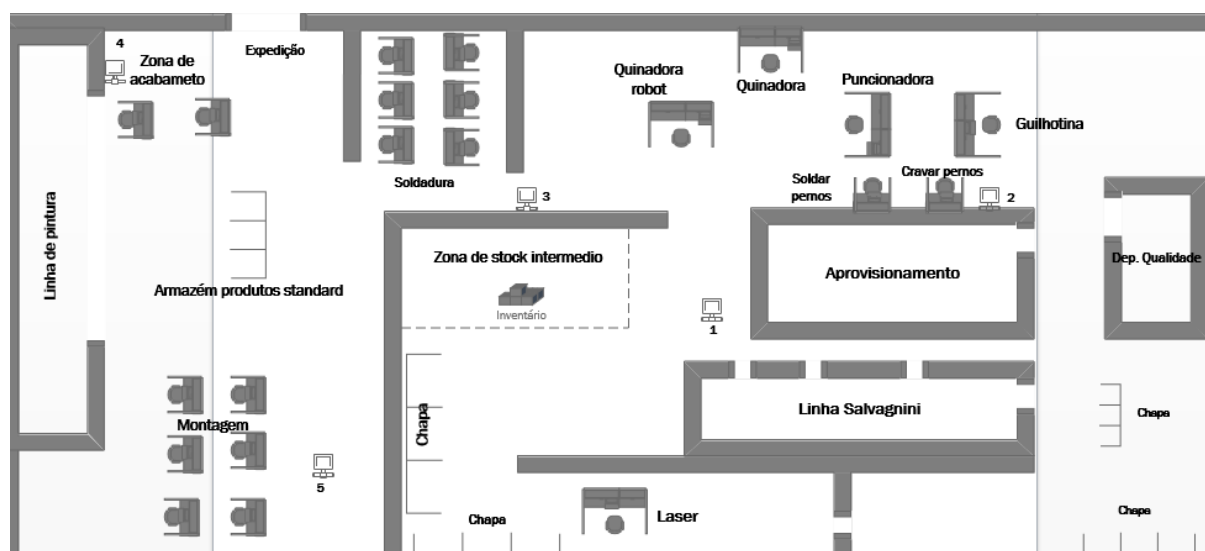


Figura 21- Distribuição dos computadores pela área fabril

A máquina laser bem como a salvagnini possuem computadores nas próprias bancadas (necessitam de receber os programas vindos do dep. Qualidade). Como se observa pela figura 21, existem 5 computadores espalhados pela área fabril, sendo que o computador 1, na altura da fase de análise e diagnóstico, encontrava-se quase inutilizado por não existir praticamente nenhuma estação de trabalho junto dele.

## 4. ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DA UNIDADE DE PRODUÇÃO

De forma a analisar a unidade produtiva considerou-se utilizar as ferramentas *VSM* e *WID*. Porém, como o objetivo é uma análise à produção no seu global, excluiu-se o *VSM* por ser necessária a escolha de uma família de produtos, (algo difícil numa empresa como a EIB devido à elevada variabilidade de produtos existentes) e por não ser capaz de quantificar os desperdícios existentes.

A linha de produção de corte e quinagem (Salvagnini) bem como os robots de soldadura, máquina de cravar pernos e processamento de cobre, não entram na análise do *WID* por na altura em que esta foi realizada não se encontravam operacionais. Alguns equipamentos (como a máquina de injeção de borracha ou a prensa) também não entram na análise do *WID* pela sua reduzida taxa de utilização.

### 4.1. *Waste Identification Diagrams (WID)*

A EIB apresenta um sistema de produção extremamente flexível e com uma elevada capacidade de produção de diferentes produtos.

Para a elaboração do *WID* é necessário realizar uma recolha e tratamento de informação relativamente aos tempos de produção, procura, níveis de *stock* intermédio (*WIP*), tempos de troca de ferramentas, entre outros. É também necessário conhecer minimamente os processos que vão ser “estudados” e definir um princípio e um fim do sistema.

Devido à elevada quantidade de equipamentos que a EIB possui não é possível realizar uma análise concreta de todos os postos de trabalho (alguns são usados muito raramente, outros estão avariados, etc.) Assim, juntamente com a chefia da empresa, decidiu-se que o melhor seria analisar as rotas que, regra geral, os produtos seguem.

1. Laser – Quinagem- Soldadura- Acabamento-Pintura- Cliente
2. Laser – Quinagem - Soldadura – Acabamento – Pintura- Montagem – Cliente
3. Guilhotina – Puncionadora-Quinagem- Soldadura- Acabamento- Pintura- Cliente
4. Guilhotina – Puncionadora – Quinagem - Soldadura – Acabamento – Pintura – Montagem – Cliente
5. Laser – Acabamento – Pintura – Cliente
6. Laser – Acabamento – Pintura – Montagem - Cliente

A figura 22 apresenta o *WID* realizado entre 24/02/2014 e 03/03/2014.

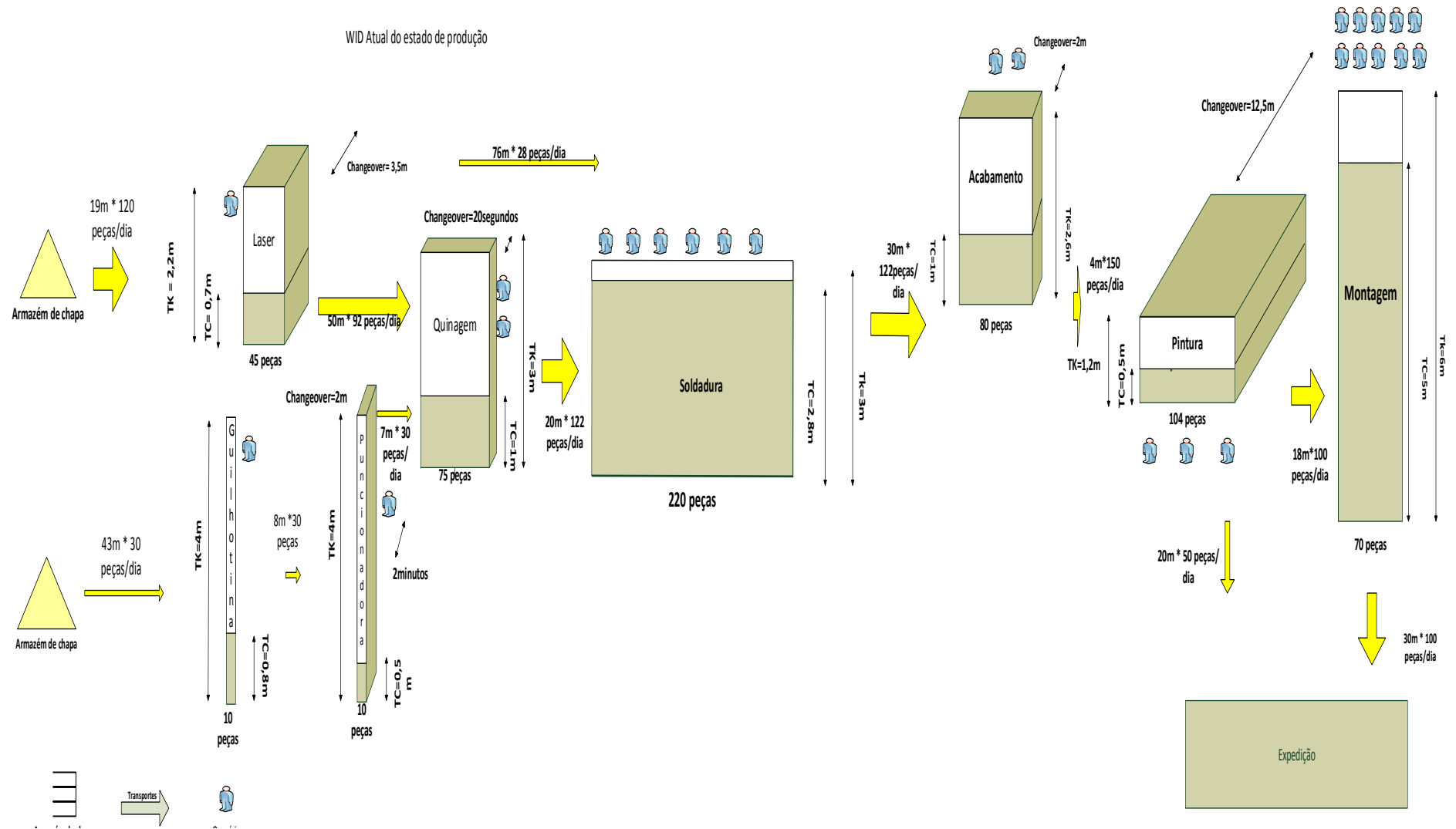


Figura 22 - WID do sistema produtivo.



#### 4.1.1. Takt time

Normalmente o *takt time* é calculado através da seguinte forma

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

Como se referiu anteriormente, não existe um planeamento de produção sendo assim difícil de prever qual a procura diária do cliente. A melhor forma de contornar este “problema” foi, recorrer ao SOFTMAIS e registar a quantidade de peças que passaram em cada posto de trabalho.

Tabela 2 – Cálculo do takt time

Processo	Quantidade de peças nos dias de 17/02 até 21/02	Quantidade de peças por dia	Tempo disponível (minutos)	Takt time (minuto/peça)
<b>Máquina laser</b>	1090	218	480	2,2
<b>Guilhotina</b>	600	120	480	4
<b>Puncionadora</b>	600	120	480	4
<b>Quinagem</b>	800	160	480	3
<b>Soldadura</b>	800	160	480	3
<b>Acabamento</b>	925	185	480	2,6
<b>Pintura</b>	925	-	1140	1,2
<b>Montagem</b>	400	80	480	6

Como a pintura só está operacional 2 dias por semana teve que se calcular o *takt time* de maneira diferente. Assim o tempo total disponível passou a ser os 2 dias de trabalho que correspondem a 9,5h em cada dia, pois a pintura continua a funcionar durante os intervalos e durante a hora de almoço. A quantidade de peças diz respeito ao total de peças que são pintadas nesses 2 dias.

#### 4.1.2. Tempo De Ciclo

Para se obter os tempos de ciclo dos diferentes processos, pensou-se em recorrer ao histórico de produções. Esta ideia foi rapidamente eliminada, pois são os operários que controlam os

registos dos tempos, pois sempre que iniciam ou terminam uma determinada encomenda têm que se dirigir ao computador mais próximo e fazer o registo digitalmente. Muitas vezes, acontece que durante a produção de 20 unidades de uma ficha, eles podem ir à casa de banho, parar o que estão a fazer para ajudar noutra secção ou dirigir-se ao departamento da qualidade para esclarecer dúvidas, o que altera completamente estes tempos. Assim realizaram-se observações diretas aos postos de trabalho, estando os resultados apresentados na tabela seguinte. No anexo I encontram-se todas as observações realizadas, bem como os fatores que levam à variação do tempo de ciclo em cada posto de trabalho.

Tabela 3 - Cálculo dos tempos de ciclos

<b>Processo</b>	<b>Nº observações realizadas</b>	<b>Tempo de ciclo (min)</b>
<b>Máquina laser</b>	10	0,7
<b>Guilhotina</b>	10	
<b>Puncionadora</b>	10	0,5
<b>Quinagem</b>	10	1
<b>Soldadura</b>	20	2,8
<b>Acabamento</b>	10	1
<b>Pintura</b>	10	0,5
<b>Montagem</b>	10	5

#### 4.1.3. *Work-in-progress (WIP)*

Devido à elevada variedade de produtos finais (quadros, painéis, armários, caixas ... etc) não é possível contar o *stock* intermédio em termos de produtos finais. Assim fez-se uma contagem do *WIP* do único fator comum a todos os produtos – a chapa.

Como não é possível estabelecer uma relação direta entre a chapa e o tempo de ciclo, decidiu-se fazer uma conversão de chapa (em kg) para peças. Assim e pegando numa amostra de 50 peças diferentes, constatou-se que em média uma peça tem o peso de 10 kg (Anexo II)

Verificando e analisando o *WIP*, é possível identificar a soldadura como o processo gargalo de todo o sistema produtivo e como tal será alvo de uma atenção especial no decorrer desta dissertação.

### 4.1.4. Tempos de *Changeover*

Os tempos de *changeover* que estão representados no *WID* foram obtidos por observação direta, através de uma amostra de 10 repetições para cada processo (Anexo III.) A guilhotina e a Soldadura são os únicos processos que não apresentam tempos de *changeover*, pois não existem troca de ferramentas nestas operações.

### 4.1.5. Conclusões e problemas encontrados através da primeira fase do *WID*

Durante a realização do *WID* foi preciso ter em atenção certos aspetos. O cálculo do *takt time* da pintura não foi realizado da mesma forma que os restantes, pois a atividade de pintar só ocorre em 2 dias da semana, e portanto dividiu-se o tempo de trabalho de apenas 2 dias pela quantidade de peças que foram pintadas. Apesar de no *WID* estarem representados 3 operários na pintura e 2 operários no acabamento, na realidade o que acontece é que quando é dia de pintura, os 2 operários do acabamento deslocam-se para lá. Quando não é dia de pintura, acontece o inverso, ou seja, são os operários da pintura que se deslocam para o acabamento.

Com a realização do *WID* saltam à vista três “situações” que serão alvo de um estudo mais intensivo. O elevado *WIP* existente na soldadura (mais do dobro do que qualquer outro processo) faz com que esta se torne o gargalo do sistema produtivo, a falta de balanceamento entre postos de trabalho, e a elevada proximidade entre o *takt time* e o tempo de ciclo da soldadura.

### 4.1.6. Medidas de desempenho

Com os dados recolhidos pelo *WID* é possível calcular algumas medidas de desempenho. Na tabela 4 tem-se representado as consideradas mais relevantes.

**Tabela 4- Medidas de desempenho calculadas através do *WID*.**

*Ta1 = Laser - Quinagem - Soldadura – Acabamento – Pintura – Cliente*

*Ta2 = Laser - Quinagem – Soldadura – Acabamento – Pintura - Montagem - Cliente*

*Ta3 = Guilhotina – Puncionadora – Quinagem – Soldadura – Acabamento – Pintura - Cliente*

*Ta4 = Guilhotina - Puncionadora – Quinagem – Soldadura – Acabamento – Pintura – Montagem - Cliente*

*Ta5 = Laser – Acabamento – Pintura - Cliente*

*Ta6 = Laser – Acabamento – Pintura – Montagem – Cliente*

Indicador	Cálculo	Resultado
<i>Tempos de atravessamento (para cada rota)</i>	$Ta_r = T_{Tr} \sum_{i=1}^m (WIP_i)$	
	Ta1= (45+75+220+80+104) * 3	Ta1=1572 min
	Ta2 = (45+75+220+80+104+70) * 6	Ta2=3564 min
	Ta3 = (10+10+75+220+80+104) * 3	Ta3=1497 min
	Ta4= (10+10+75+220+80+104+70) * 6	Ta4=3414 min
	Ta5= (45+80+104) * 2,6	Ta5=596 min
	Ta6= (75+80+104+70) * 6	Ta6=1974 min
<i>Rácio Valor Acrescentado (para cada rota)</i>	$Rva_r = \frac{\sum_{i=1}^m Te_i}{Ta_r}$	
	Rva1= (0,5+1+2,8+1+0,5) / 1572	Rva1=0,36%
	Rva2= (0,5+1+2,8+1+0,5+5) / 3564	Rva2=0,30%
	Rva3= (0,8+0,5+1+2,8+1+0,5) / 1497	Rva3=0,44%
	Rva4= (0,8+0,5+1+2,8+1+0,5+5) / 3414	Rva4=0,34%
	Rva5= (0,5+1+0,5)/ 596	Rva5=0,33%
	Rva6= (0,5+1,0,5+5) / 1974	Rva6=0,35%
<i>Eficiência esperada da unidade produtiva</i>	$Es(e) = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{Te_i}{Tt_i}}{m}$	
	$\frac{\frac{0,5}{1} + \frac{0,8}{2,8} + \frac{0,5}{3,2} + \frac{1}{1,2} + \frac{2,8}{3} + \frac{1}{2,6} + \frac{0,5}{1,2} + \frac{5}{6}}{8}$	Es= 54%

Constata-se assim que os produtos finais que estão mais tempo no sistema produtivo são os que têm como ultima estação de trabalho a montagem. Os valores de rácio valor acrescentado e de eficiência esperada da unidade produtiva são dados importantes, não só porque fornecem informações até agora desconhecidas pela gestão de topo, mas também porque podem servir de base de comparação com um *WID* futuro, após implementação de algumas melhorias na área fabril.

#### 4.1.7. Utilização da mão-de-obra

Outro aspeto observado pelo *WID* é a utilização da mão-de-obra. Como se referiu anteriormente, durante os dias de trabalho os operários não estão sempre a executar tarefas que acrescentam valor, realizando muitas vezes transportes, movimentações etc. Assim, para

uma avaliação coerente do sistema produtivo é fulcral conseguir qualificar e quantificar cada atividade realizada pelos colaboradores.

Identificar estas atividades que os operários realizam é possível através da observação direta. Assim, recorreu-se à técnica da amostragem, seguindo a seguinte estratégia

- O percurso foi sempre igual.
- Os checkpoints de observação dos operários foram sempre os mesmos.
- Os dias e os instantes de cada observação foram pré-definidos, de forma a evitar que as observações fossem todas realizadas à mesma hora.

Assim foram realizados 20 circuitos e os resultados podem ser observados na figura 23, sendo que no anexo V estão apresentadas as tabelas usadas.

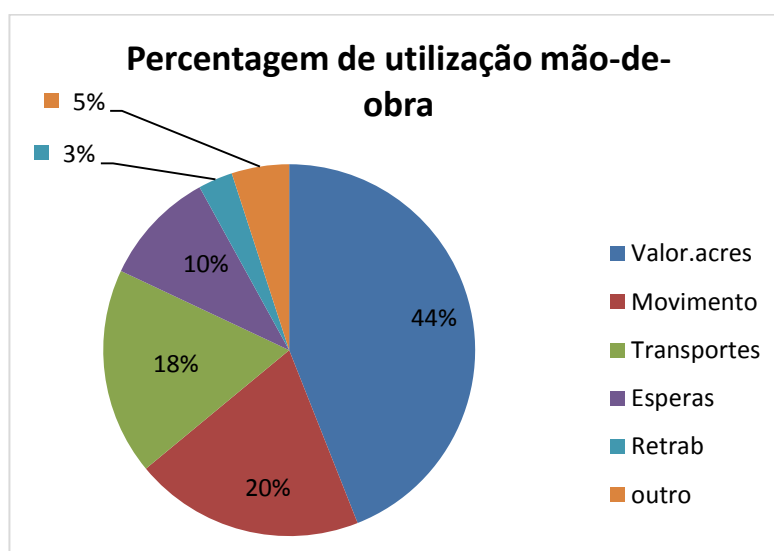


Figura 23- Gráfico da utilização da mão-de-obra.

Através do gráfico observa-se que apesar da maior parte do tempo os operários estarem efetivamente a realizar tarefas que acrescentam valor ao produto, a % de tempo que perdem em transportes e movimentações é elevada. Apesar da gestão de topo estar ciente que existem desperdícios de transporte, ficaram surpreendidos com o valor que os desperdícios por movimentação apresentam. Este valor elevado de movimentos pode ser explicado, acrescentando aos fatores já descritos no capítulo 2.4.4, as deslocações que os operários fazem até ao gabinete do departamento técnico/qualidade para esclarecer dúvidas que tenham com o diretor de produção e também pela quantidade de vezes que os operários se deslocam

ao *stock* intermédio e comparam as fichas de produção para ver qual é que tem o prazo de entrega mais próximo, para assim dar seguimento à produção.

Com estes resultados podemos fazer um cálculo com o nº de colaboradores que a empresa emprega e com o que a empresa despende com cada um. Para isso, vamos atribuir o valor de 800€/mês para cada colaborador, sendo que neste valor já consta todo o tipo de despesas com impostos. A seguinte tabela mostra-nos a despesa de salário mensal que a empresa despende.

Tabela 5- Despesas com operários

<b>Nº DE OPERÁRIOS</b>	30
<b>SALÁRIO</b>	800€/mês
<b>DESPESA SALÁRIO MENSAL</b>	24000€/mês

Sabendo que a empresa despende 24000€/mês nos 30 colaboradores observados, pode-se apresentar a figura 24 em termos de euros/mensal.

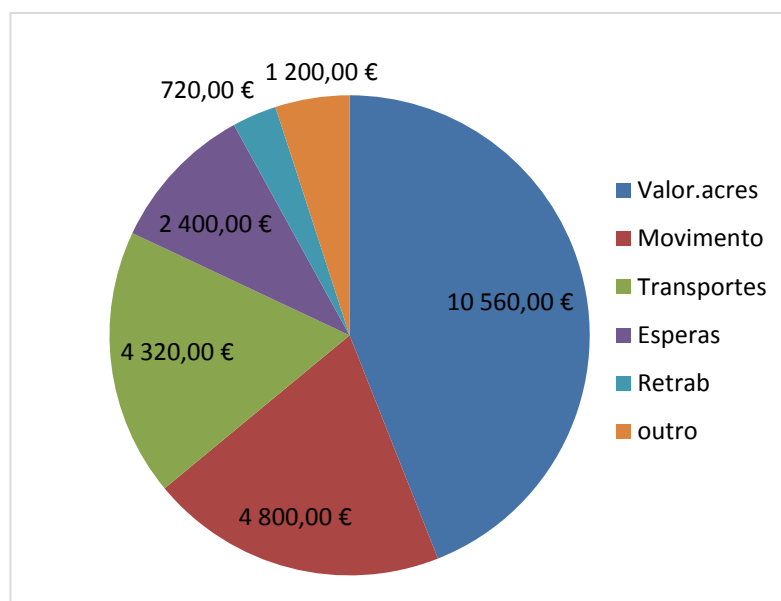


Figura 24-Gráfico da despesa da utilização da mão-de-obra

Através deste gráfico pode-se ver que o valor gasto em transportes (4320€) e movimentações (4800€) é efetivamente muito elevado. Observando estes valores, foi decidido em conjunto com a chefia de topo, o objetivo de a médio prazo reduzir em cerca de 30% as movimentações e os transportes. É expectável que com esta redução, os operadores tenham mais tempo para

outras operações (principalmente as de valor acrescentado) permitindo assim, um aumento significativo da produtividade por parte da empresa.

Após a elaboração do *WID* é necessário interpretar os resultados do mesmo e analisar os problemas encontrados no sistema produtivo durante as observações que foram efetuadas ao processo.

#### 4.2. Gargalo do Sistema

Um dos problemas identificados está relacionado com o balanceamento dos postos de trabalho. Através do *WID* é possível observar que o processo da soldadura é o gargalo do sistema (tem maior valor de *WIP*) e por conseguinte, é este processo que determina de quanto em quanto tempo é produzido um produto final. Antes da realização do *WID* quando o autor da dissertação perguntou qual era o gargalo do sistema produtivo ao diretor de produção e aos 2 “chefes da empresa” não houve um consenso nas respostas, pois apesar do diretor de produção ter dito que era na soldadura, os chefes da empresa transmitiram a ideia que não era possível definir um gargalo pois consideravam que o nível de *WIP* era +/- comum em todos os postos. Esta “falsa ideia” de a soldadura não apresentar um nível de *WIP* superior às restantes estações de trabalho, deve-se ao facto de existirem bastantes peças que estão à espera de serem soldadas em diferentes locais da área fabril, transmitindo a ideia que os produtos que se encontravam à frente da estação da soldadura mantinham sempre as mesmas quantidades. Na figura 25 apresentam-se os principais locais onde é mais comum encontrar-se peças à espera para serem soldadas.

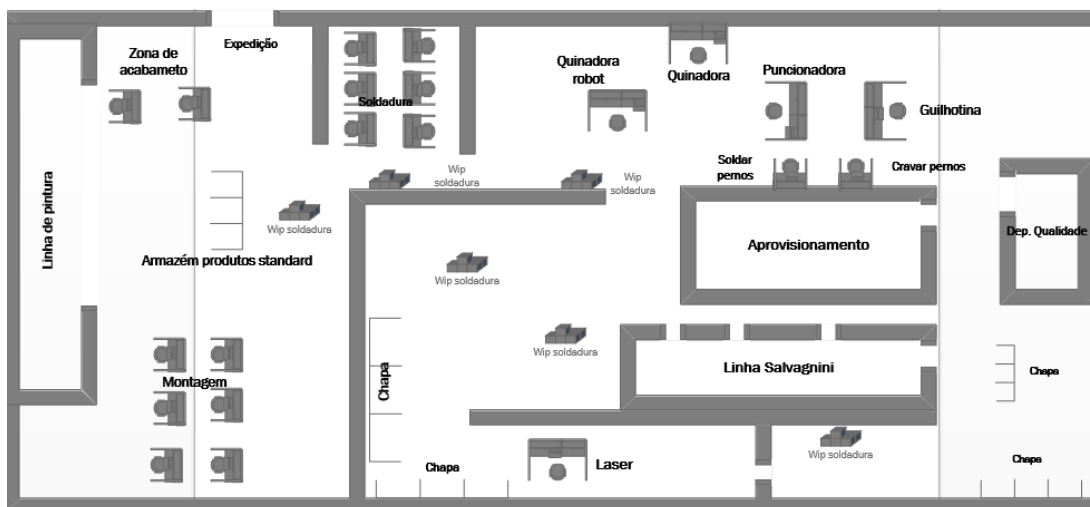


Figura 25 - *WIP* da soldadura espalhado pela área fabril

Apesar da maior parte das peças encontrarem-se ou em frente à soldadura ou na zona de *stock* intermédio, muitas vezes estão também junto à saída de peças da salvagnini ou até mesmo atrás desta. O mais estranho, é que mesmo com espaço em frente a soldadura, por vezes encontram-se na mesma peças à saída da Salvagnini durante dias e tal acontecimento captou a atenção do autor. Em conversações com o operário da salvagnini e com os soldadores descobriu-se que a razão do sucedido se deve a uma divergência de opiniões. O operário da salvagnini argumenta que o seu trabalho é cortar e quinar as peças na salvagnini e não tem que andar a “levar” os produtos para as outras secções. Por outro lado, os soldadores defendem-se dizendo que estão sempre com muito trabalho e não têm tempo para irem à “procura” de produtos para soldar pela fábrica, pois têm sempre *stock* intermédio junto às suas bancadas.

Esta grande quantidade de *WIP* também está relacionada diretamente com o investimento de novos equipamentos (salvagnini, máquina de pernos, etc) pois conseguiu-se uma grande diminuição de tempos de ciclo nos processos que alimentam a soldadura, mas os tempos desta mantêm-se iguais. Assim foi cada vez mais perceptível que a soldadura não conseguia dar vazão aos produtos que iam chegando, levando ao atraso de encomendas, necessidade de horas extra e muito stress nesta zona de trabalho.

Em seguida enumeram-se os três principais fatores que levam aos elevados tempos na soldadura.

### **4.2.1. Transporte realizado pelos soldadores**

Quando os soldadores terminam de soldar as peças de uma determinada ficha de execução, são responsáveis por levá-los para o acabamento. Por vezes, como não têm os porta-paletes à beira deles, ainda têm que andar pela empresa à procura dos mesmos para conseguirem transportar os produtos. Em seguida são também responsáveis por levar para as suas bancadas os produtos que vão soldar.

Através da observação direta do transporte realizado pelos soldadores determinou-se que em média cada viagem demora cerca de 8 minutos (anexo VI.) Assim, no dia 03/04/2014 foi deixada uma folha junto à soldadura e pediu-se aos soldadores para a preencherem sempre que tiverem que se deslocar ao acabamento para levar peças. Os resultados estão apresentados na seguinte tabela.



Tabela 6- Resultados da folha dos transportes

	Nº de viagens	Tempo médio da viagem (minutos)	Tempo em viagens ao longo de um dia de trabalho (minutos)
<b>SOLDADOR 1</b>	3	8	24
<b>SOLDADOR 2</b>	5	8	40
<b>SOLDADOR 3</b>	4	8	32
<b>SOLDADOR 4</b>	7	8	56
<b>SOLDADOR 5</b>	2	8	16
<b>SOLDADOR 6</b>	5	8	40

Somando todos os minutos das viagens dos 6 soldadores, é possível afirmar que no dia 03/04/2014 “perderam-se” 208 minutos em transportes. É importante salientar que o objetivo desta amostra não foi determinar com exatidão o tempo que se perdeu em transportes, mas sim apresentar resultados à gestão de topo, de forma a sensibiliza-los e a chamar a atenção para o tempo que devia estar a ser usado em tarefas que acrescentam valor ao produto e que estão a ser usados em tarefas não-produtivas.

#### 4.2.2. Procura de moldes

Junto à soldadura encontram-se moldes que estão “depositados” em caixas de cartão, sem qualquer tipo de identificação. Estes moldes são utilizados pelos soldadores quando é necessário soldar duas peças diferentes, com um determinado ângulo ou quando têm que ficar a uma certa distância. Assim, os moldes funcionam como uma espécie de “batentes” físicos que facilitam o trabalho aos soldadores pois para a maioria dos produtos standard já existem moldes com uma determinada inclinação e tamanho que permitem soldar peças diferentes com um esforço menor.



**Figura 26- Apresentação dos moldes da soldadura**

### **4.2.3. Preencher as folgas dos produtos**

Quase todas as peças antes de irem para a soldadura sofrem um processo de quinagem antes. Após este processo, muitas vezes as partes que vão ser soldados pelo cordão “tig” não se encontram juntas, existindo espaço nelas. Como não é possível passar um cordão pelo vazio, os espaços entre as partes que vão ser soldadas são preenchidos com material pelos soldadores. Em conversações com os soldadores, este foi considerado o problema que lhes “rouba” mais tempo, pois é uma tarefa algo complexa e morosa, podendo levar horas para a terminar.



**Figura 27 – Exemplo de uma folga existente num produto**

### 4.3. Layout do sistema produtivo

O fluxo de produtos na EIB não é contínuo sendo que por vezes os materiais invertem o sentido de umas máquinas para as outras. Na figura 28 encontra-se representado o exemplo de um destes casos.

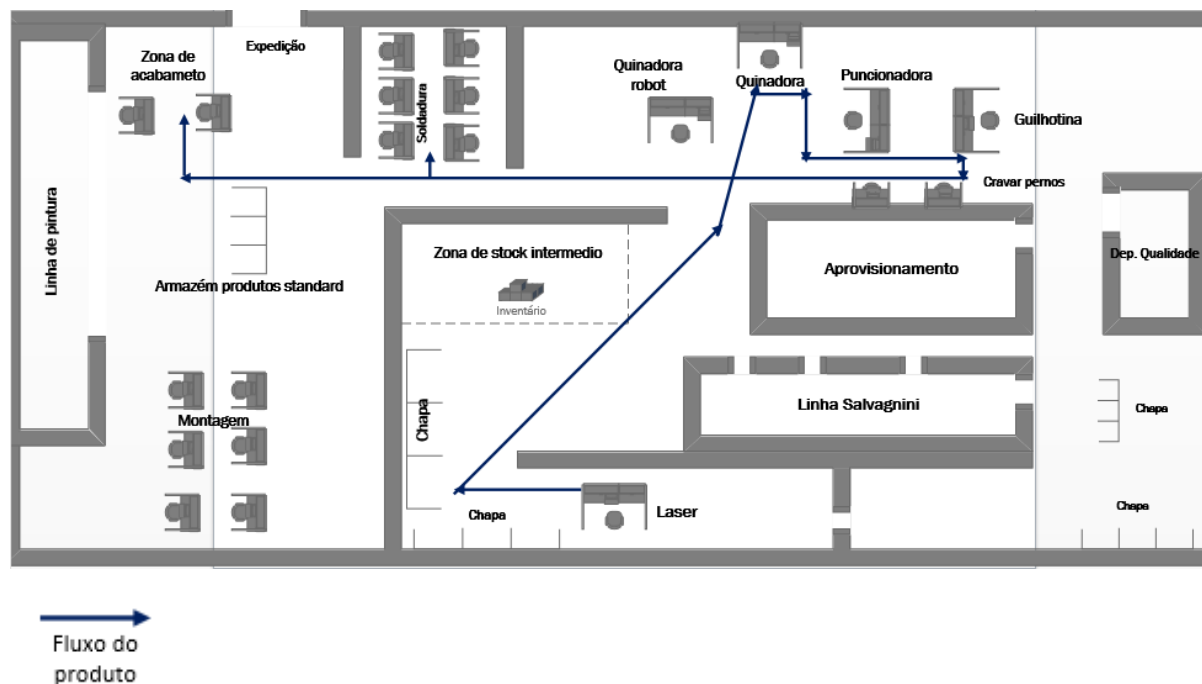


Figura 28- Processo de fabrico de um painel para a Microprossedadora (Laser-Quinagem-Pernos-soldadura-acabamento).

Através da figura é possível verificar dois problemas referentes ao *layout*. O primeiro é a grande distância entre a máquina laser e a quinagem (50 metros). Cerca de 54% dos produtos que saem da laser vão para a quinagem (ver anexo VII), o que representa ao fim de um dia de trabalho um grande esforço de transporte entre estas duas secções.

O segundo problema que se observa é a inversão de fluxo que acontece na máquina de pernos. Quando as peças saem da quinagem, deslocam-se para o lado direito para levarem pernos, e em seguida voltam para o lado esquerdo para irem para a soldadura, sendo que o ideal era a máquina de pernos encontrar-se no lado contrário (entre a quinagem e a soldadura).

Outros dos problemas referentes ao *layout* mas que não é observado na figura, relaciona-se com o facto de a chapa encontrar-se mal distribuída pela fábrica, pois ocupa muito espaço

(principalmente em frente à salvagnini) que pode ser aproveitado para recolocar equipamentos. A figura seguinte mostra a chapa que existe em frente à salvagnini.



**Figura 29-** Chapa distribuída na horizontal em frente à Salvagnini.

Além do espaço que a chapa ocupa, também se consegue verificar que a distribuição não é a melhor, pois caso a chapa estivesse na vertical iria ocupar menos espaço que na horizontal.

#### **4.4. Desorganização da empresa**

A falta de organização no sistema produtivo é considerado por todos os colaboradores como um dos maiores problemas atuais. Por vezes os produtos encontram-se “perdidos” dentro do espaço fabril (inexistência de locais próprios para o *WIP*), equipamentos e armários que já não são utilizados há anos estão a ocupar espaço, rolos de chapa que chegaram à empresa há 5/6/7 anos e nunca foram utilizados, etc. Outro dos problemas que também está ligado à falta de organização tem a ver com as fichas de produção, pois muitas vezes os colaboradores perdem tempo à procura delas, outras vezes aparecem fichas mães replicadas e ainda mais grave é o desaparecimento das mesmas. Também existem produtos acabados e prontos a seguirem para expedição junto a armazéns de chapa (figura 30), criando confusão no sistema produtivo.



Figura 30- Produtos prontos para expedição no mesmo local que matéria-prima.

A figura 30 mostra-nos matéria-prima (chapa nas estantes, rolos de chapa) junto a produtos já embalados e prontos para serem expedidos. Como podemos ver na figura 31 além de existir produtos acabados junto a matéria-prima, pode-se observar que a zona de expedição encontra-se bastante afastada do local onde se encontram os produtos acabados.

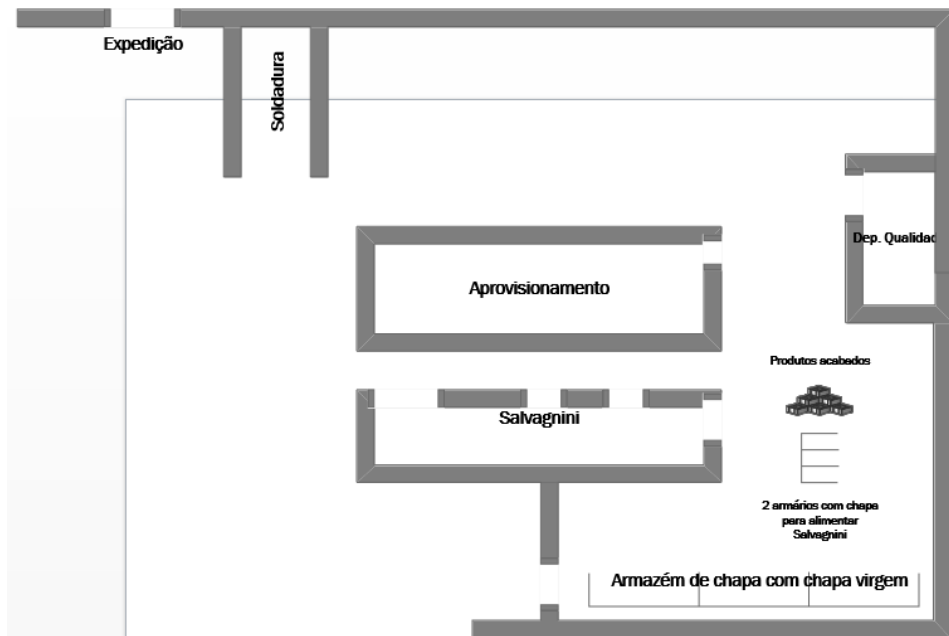


Figura 31- Localização dos produtos acabados junto à matéria-prima

Aliado a esta situação, a figura 32 mostra-nos que também existe um armário (situado em frente à soldadura) que tem as prateleiras preenchidas com “lixo” (material que foi utilizado

durante umas obras na empresa) ocupando espaço, e mais importante, que podia utilizar as prateleiras para “armazenar” algo de valor.



**Figura 32- Armário com material para "lixo"**

### **4.5. Transportes e Movimentações**

Todos os colaboradores ao longo de um dia de trabalho perdem tempo em transportes e movimentações. Normalmente utiliza-se o empilhador para transportar a chapa para a máquina laser e salvagnini, enquanto o porta-paletes é o meio utilizado para praticamente todos os restantes transportes. Usualmente quando um operário termina de operar numa máquina uma determinada encomenda, é responsável por transportá-lo para o posto seguinte, ou quando não é possível, levá-lo para onde tiver espaço (por vezes pode ocorrer ficar esquecido num determinado lugar). Isto acontece, porque apesar de existirem locais à beira de cada posto de trabalho para se colocarem peças, muitas vezes não é o suficiente e tem de se encontrar alternativas.

### **4.6. Fichas de produção**

Sempre que surge uma encomenda, é aberta uma ficha “mãe”, que acompanha o produto. Ao mesmo tempo, são também impressas cópias desta ficha “mãe” que são entregues nas diferentes secções por onde o produto vai passar. Estas cópias da ficha “mãe” servem para autocontrolo (assinar na ficha a data em que determinada encomenda passou no posto), e no



caso da pintura e montagem, servem também para antecipar a possível falta de materiais necessários para a sua produção.

Existe falta de normalização na forma como se procede à abertura destas fichas. Por exemplo, quando se imprime a ficha de um quadro feito à medida, abre-se só uma ficha que contem todas as quantidades e os diferentes componentes necessários para a produção do mesmo. Por outro lado, se a encomenda for, por exemplo, um painel para a microprocessadora já se abre uma nova ficha para cada componente, com as diferentes quantidades necessárias para a formação do “produto final” (figura 33).

Apesar das fichas de produção indicarem as transformações que o produto vai sofrer, não indicam a sua ordem. Tendo em conta que o sistema da EIB é bastante flexível a ausência da sequência da produção leva a que por vezes operações sejam executadas erradamente (ex alguns produtos levam pernos antes de soldar, outros levam depois de soldar... etc)



**Figura 33- Abertura de uma ficha para cada peça que vai fazer parte de um produto final (produto da microprocessadora)**

Olhando para a figura constata-se que realmente são abertas fichas para cada peça constituinte do painel final. Mais prejudicial que abrir fichas para peças que pesam gramas e que são muito pequenas, são todos os custos indiretos que estão associados a este excesso de fichas como por exemplo

- Elevado tempo não produtivo despendido pelo operário ao ter que apontar os tempos de processamento e o peso das peças uma a uma, em cada ficha.

- Despesa (€) em folhas
- Confusão no sistema produtivo
- Maior tempo despendido pelo departamento comercial ao ter que dar orçamentos por peça (um orçamento para cada ficha).

Analisando os registos do ano de 2013 foi possível determinar o número de fichas abertas e o seu respetivo custo

Tabela 7- Registos do ano de 2013

FICHAS MÃE	CÓPIAS DE FICHAS
<b>SÉRIE 1-</b> 3312	Série 1 – <b>11592</b>
<b>SÉRIE 2</b> – 496	Série 2 – <b>1561</b>
<b>SÉRIE 3</b> – 572	Série 3 – <b>2002</b>
<b>TOTAL:</b> 4330	Total: 15155
<b>TOTAL = 19485 FICHAS</b>	

Para saber o nº de fichas mãe de cada série recorreu-se aos registos no softmais. Por outro lado, como o *software* não indica as cópias de uma determinada ficha, e sabendo que em média um produto sofre entre 3 e 4 operações, optou-se por multiplicar cada série por 3,5 chegando assim a um valor médio das cópias de fichas.

Através de conversas com o departamento financeiro foi dado a indicação que em média cada folha custa à empresa 1,7 cêntimos. Através de uma amostra de 60 fichas diferentes constatou-se que em média cada ficha tem 10 folhas (anexo VIII), podendo então proceder-se ao seguinte cálculo

$$19485 \text{ fichas} * 17 \text{ centimos} = \mathbf{3312,45€}$$

Verifica-se então que a despesa da empresa em abrir todas as fichas de produção rondou à volta dos 3312€.

#### 4.7. Pintura

Na EIB a pintura não é realizada todos os dias. O normal é ocorrer 2 dias numa semana, devido aos custos que acarreta ligar a estufa (tem de atingir a temperatura de 200°C) o que aumenta o consumo de Gás Natural e o consumo de eletricidade.



Ao pintar apenas em 2 dias, gera-se um enorme acumular de produtos no dia anterior à pintura e na manhã seguinte à pintura os operários desta secção quase não têm trabalho. Além disso, nos dias em que há pintura além dos 5 operários responsáveis pela pintura e acabamento são necessários, em média, mais 3 colaboradores que vêm das diferentes secções. Por conseguinte, perde-se tempo de mão-de-obra em algumas secções, e mesmo alguns equipamentos podem ficar inativos pois o responsável pelo seu uso pode ir para a pintura.

Durante a semana de 5 a 9 de Maio foi registado a quantidade de operários que foram necessários na pintura. Nesta semana a pintura ocorreu dia 6 e dia 9 e os resultados estão apresentados na seguinte tabela.

**Tabela 8- Operários necessários na pintura**

<b>Dia</b>	<b>Duração</b>	<b>Nº operários</b>	<b>Nº e área de trabalho dos operários que se deslocaram para a pintura</b>
<b>06/05</b>	8h	8	2 montagem elétrica; 1 ferramentas e manutenção
<b>09/05</b>	9h30min	10	3 montagem elétrica; 1 pernos; 1 soldador

Observando a tabela 6 verifica-se que no dia 6 e 9 foi necessário a deslocação de 3 e 5 operários que não pertencem à pintura. No dia 9 a máquina de pernos ficou inativa, sendo que o mais grave ainda foi a deslocação de um soldador para a pintura retirando mão-de-obra ao gargalo do sistema produtivo.

#### **4.8. Montagem Elétrica**

Quando existe uma encomenda que necessite de montagem elétrica, no momento em que se dá entrada da encomenda, é enviada uma lista dos componentes elétricos necessários para o aprovisionamento. Um dos responsáveis pelo aprovisionamento verifica se tem todos os componentes e coloca-os em caixas, e caso falte algum componente procede à encomenda do mesmo. Quando chega a altura de começar a trabalhar a encomenda na montagem, um dos operários desloca-se ao armazém, volta a verificar se todos os componentes estão nas caixas, e volta para a montagem com elas. Na tabela 9 expõe-se o tempo e a distância que o operário “perde” em cada viagem ao aprovisionamento.

Tabela 9- Deslocações do operário da montagem ao aprovisionamento

<b>Duração (ida e volta)</b>	2 Minutos
<b>Verificar componentes</b>	5 Minutos
<b>Nº de vezes durante o dia</b>	Varia entre (1,5,10,20)
<b>Distância da montagem</b>	52 Metros
<b>Tempo médio “perdido” em cada viagem</b>	7 Minutos

Assim, existe um grande contra-senso na produção, pois quantas mais encomendas há, mais vezes o operário tem de se deslocar ao armazém, diminuindo o tempo de mão-de-obra disponível na montagem. O percurso que o operário da montagem elétrica percorre está representado na figura 34.

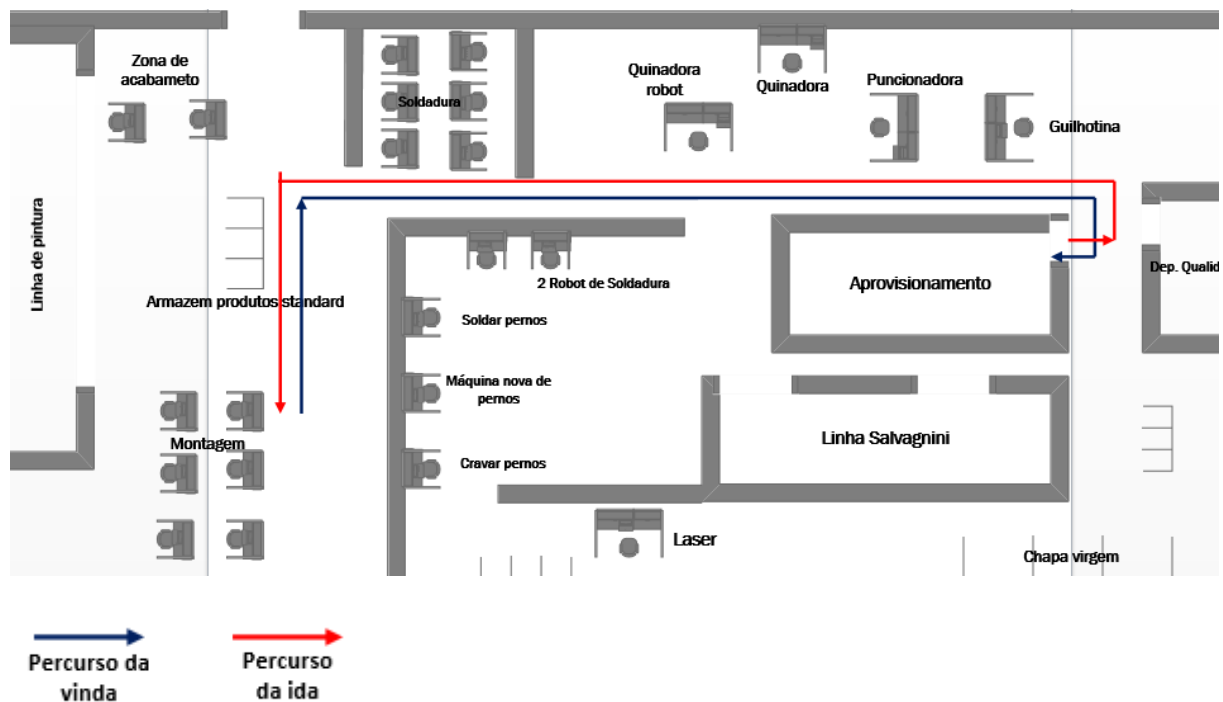


Figura 34- Trajeto do operário da montagem até ao aprovisionamento

Através da figura é possível ficar com uma ideia sobre a distância e o percurso que o operário percorre sempre que é necessário ir “buscar” componentes elétricos para uma determinada encomenda.

#### 4.9. Armazenamento de ferramentas da Salvagnini/máquina processamento de cobre/máquina de pernos

As ferramentas da Salvagnini e da máquina de cobre encontram-se em mesas horizontais, com más condições ergonómicas. Para além disto, esta forma de manter as ferramentas pode levar à sua oxidação, além de não garantir a segurança das mesmas. Como se pode observar na figura 35, as ferramentas não estão identificadas, levando a que os operários percam tempo à procura da ferramenta que precisam.



Figura 35- Disposição das ferramentas da máquina de processamento de cobre

#### 4.10. Armazenamento da chapa

A chapa na EIB encontra-se distribuída por 3 “armazéns”. O primeiro encontra-se à entrada do pavilhão (armazém 1), o segundo encontra-se atrás da linha de produção salvagnini (armazém 2) e o terceiro está colocado junto à máquina laser (armazém 3).

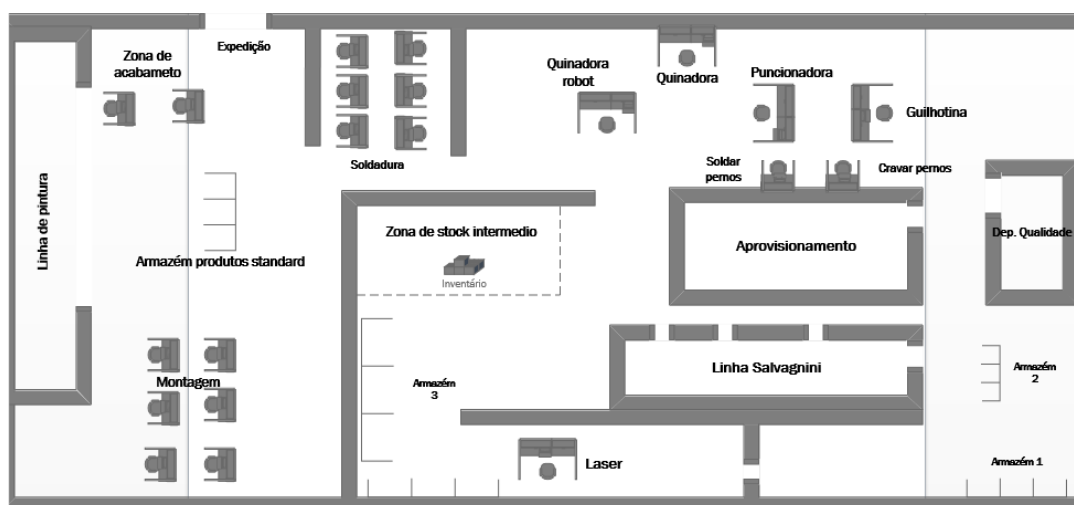


Figura 36- Localização dos 3 armazéns de chapa

A figura 36 mostra a distribuição dos 3 armazéns de chapa pela área fabril da EIB. O armazém 2 é recente, e foi criado com a finalidade de alimentar a Salvagnini.

De forma a corresponder às necessidades dos seus clientes e devido à grande variabilidade de produtos que a fábrica concebe, torna-se necessário a existência de vários tipos de chapa com diferentes dimensões e espessuras.

Através de observações pelo espaço fabril, notou-se uma grande desorganização no armazém de chapa que se encontra atrás da Salvagnini (armazém 2). Como é um armazém muito recente, muitas das chapas encontram-se sem uma etiqueta de identificação, são colocadas aleatoriamente ao longo do armazém e como não é sempre a mesma pessoa a repor a chapa no armazém, existem chapas duplicadas que se encontram em estantes diferentes.

O colaborador responsável por abastecer a Salvagnini com chapa por vezes perde bastante tempo à procura desta pois não sabe em que local ou armazém a mesma se encontra. Além disto, através de conversações com o mesmo, verificou-se que as chapas que usualmente alimentam a linha encontram-se no armazém 3, pois são comuns à salvagnini e à máquina laser. Assim o armazém que supostamente devia abastecer a salvagnini é usado esporadicamente por este, estando a ter uma maior taxa de utilização pela guilhotina pois é lá que se colocam as “pontas/retalho” de chapa que por restrições da linha (dimensões) não podem ser aproveitadas na salvagnini.

### **4.11. Deslocações do operário da guilhotina**

Como os armazéns de chapa encontram-se longe da guilhotina, o operário chega muitas vezes ao final do dia exausto. As deslocações são quase sempre realizadas a pé, com a ajuda de uma mesa com rodas para transportar a chapa. Na figura 37 pode-se ver o caminho e a distância da guilhotina até cada um dos armazéns.

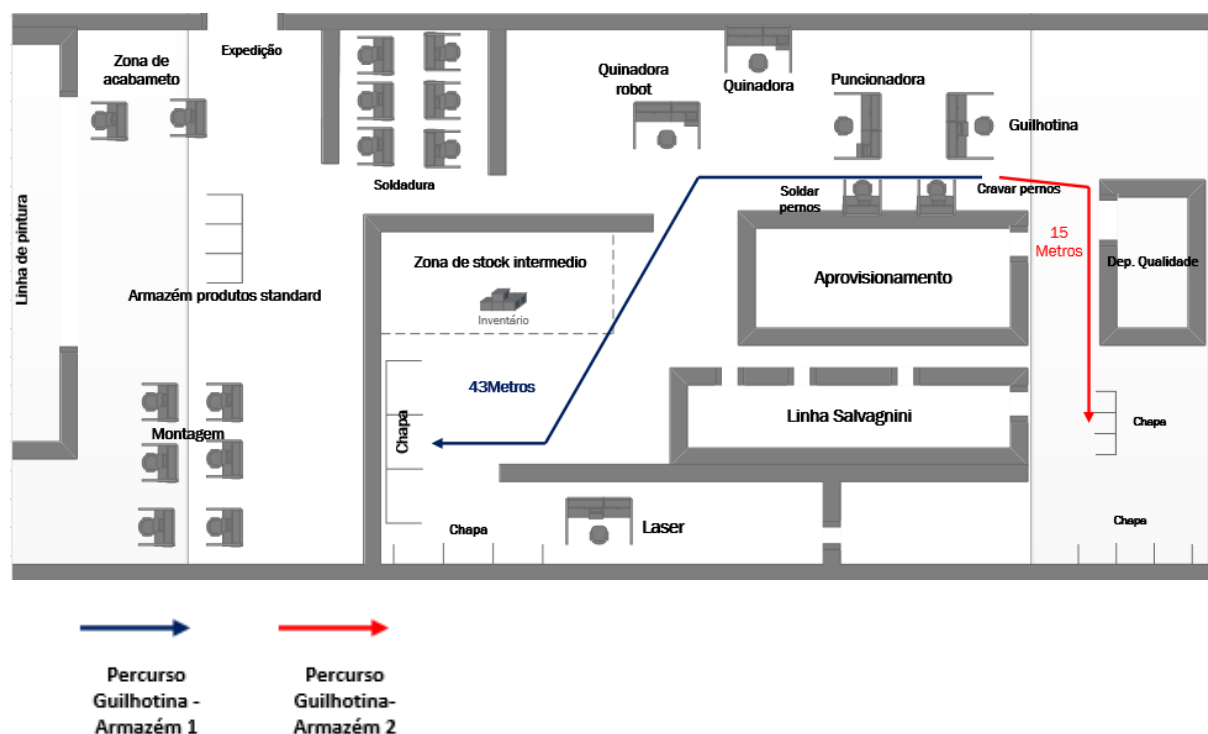


Figura 37- Deslocações do operário da guilhotina

Muitas vezes, o operário da guilhotina percorre estas distâncias com uma mesa (com rodas) onde pouisa chapa que sai dos armazéns. Não raras vezes é também necessária a ajuda de mais um colaborador (normalmente é o operário da puncionadora) que o ajuda a pegar nas chapas mais compridas e pesadas.

Durante 3 dias foi pedido ao operário da guilhotina que sempre que tivesse que se deslocar com a mesa a um dos armazéns para anotar numa ficha. Os resultados encontram-se na tabela 10.

Tabela 10- Distancia percorrida pelo operário da guilhotina.

Dia	Nº de viagens ao armazém 2	Nº de viagens ao armazém 3	Distancia percorrida
04/06/2014	5	1	460 Metros
05/06/2014	4	4	404 Metros
06/06/2014	2	1	102 Metros

O operário da guilhotina comunicou ao autor da dissertação que por vezes faz mais viagens do que as anotadas nestes 3 dias. Nos dias em que tem que se deslocar muitas vezes aos

armazéns, é costume chegar ao fim do dia de trabalho exausto e com dores nas pernas. Assim é importante encontrar uma alternativa que permita melhorar as condições do operário.

### **4.12. Armazenamento dos retalhos da Salvagnini**

Quando os programadores distribuem os produtos numa chapa o objetivo é sempre aproveitá-la ao máximo. Porém nem sempre é possível aproveitar a chapa toda, e por conseguinte sobram os chamados “retalhos” que mais tarde podem ser aproveitados, ao invés de se utilizar uma chapa virgem.

Os retalhos que saem da linha de produção da Salvagnini estão colocados em paletes, horizontalmente, dificultando a observação por parte do operário (figura 38). Assim, o operário perde muitas vezes tempo à procura da chapa que apresenta um melhor aproveitamento para uma determinada encomenda. Para além deste tempo não produtivo despendido, como os retalhos estão colocados próximo do nível do chão, não apresentam boas condições ergonómicas, dificultando mais uma vez o trabalho do operário.



**Figura 38- Colocação dos retalhos de chapa da Salvagnini**

Apesar de não ser possível observar pela figura 38, os tipos de chapa encontram-se misturados (na mesma palete podem-se encontrar chapas galvanizadas e de inox) dificultando mais uma vez o trabalho dos operários.

## 5. PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo são expostas as principais propostas com a finalidade de melhorar o sistema produtivo e diminuir os desperdícios, tendo em conta a análise crítica e identificação de problemas realizada no capítulo anterior. Estas propostas são apresentadas através de um plano de ações utilizando a técnica 5W2H (tabela 11).

Tabela 11- Plano de ações das propostas de melhoria.

O que fazer?	Porque?	Quem?	Como?	Onde?	Quando?
Diminuir o tempo de ciclo da soldadura	Soldadura gargalo do sistema produtivo	Engenheiro henrique, operários da soldadura, Pedro Moreira	Soldadores não realizam transportes, construção de um armazém para colocar os modes, melhorar desenhos técnicos	Área da soldadura	Outubro 2014
Rota de transportes	Todos os operários realizam transportes aumentado os desperdícios	Pedro Moreira, Operador do <i>mizusumachi</i>	Comboio logístico	Todo o sistema produtivo	A determinar
Limpar a empresa	Espaço sub-aproveitado	Senhor Antonio, engenheiro Henrique	Eliminar equipamentos/materiais dispensáveis	Todo o sistema produtivo	Contínuo
Diminuição de fichas	Excesso de fichas na zona produtiva, perdas de tempo à procura de fichas	Dep. Comercial	Ficha de auto controlo na ficha mãe. Enviar digitalmente para a montagem e pintura	Todo o sistema produtivo	A definir
Pintar mais dias	Excesso de produtos nos dias de pintura; horas extra; entregas	Colaboradores da pintura, senhor Antonio, engenheiro Henrique	Realizar pintura mais dias	Pintura	A definir

atrasadas					
Diminuir as movimentações na zona da montagem	Quantas mais encomendas existem, menor é o tempo disponível de mão-de-obra	Senhor Antonio, operário montagem, responsável aprovisionamento	Colaboradores do armazém é que são responsáveis pelo transporte das caixas. Criação de um supermercado na zona de montagem	Montagem	Outubro 2014
Armário para armazenar ferramentas	Ferramentas desorganizadas, sem condições ergonómicas e com possibilidade de oxidar	Engenheiro henrique, operários	Construção de armários para armazenar as ferramentas	Salvagnini, máquina de pernos	Maio 2014
Organizar a chapa	Chapas em estantes repetidas, chapas sem identificação, excesso de transportes e movimentos	Pedro Moreira, operários da guilhotina, salvagnini e máquina laser	Colocação de etiquetas e posições fixas para a chapa	Armazéns de chapa	A definir
Armário para a chapa da guilhotina	Excesso de movimentos e transportes por parte dos operários da guilhotina	Operarios da guilhotina, Engenheiro Henrique	Construção de um pequeno armazém junto à guilhotina,	Guilhotina	Setembro 2014

### 5.1. Diminuir o tempo de ciclo da soldadura

Como o processo da soldadura é o gargalo do sistema produtivo, é importante encontrar soluções e medidas para torna-lo mais eficiente. Além disso, como já se referiu, a EIB investiu nos processos que alimentam a soldadura (linha salvagnini, máquina de pernos) alimentando mais rapidamente o gargalo do sistema produtivo. Assim, como a soldadura é o processo mais moroso de todo o sistema, é imprescindível arranjar maneiras/formas de aumentar a produtividade neste posto.



### 5.1.1. Soldadores não realizam transportes

De forma a reduzir as movimentações realizadas pelos soldadores, propôs-se que seja um operário das ferramentas e manutenção o responsável por todos os transportes que envolvam diretamente a soldadura, e simultaneamente que a zona da soldadura funcione por um sistema de 3 paletes em cada bancada. Neste sistema, 2 paletes servem para alimentar a bancada e a outra é para colocar os materiais que já foram soldados. Assim, como em média uma peça demora 3 minutos a ser “soldada” e cada palete leva em média 10 peças, sugere-se que de 30 em 30 minutos o colaborador fosse à zona da soldadura e sempre que existir uma palete vazia, seja responsável por colocar peças nela, bem como levar as paletes de peças que já foram soldadas para a zona de acabamento (em seguida volta a trazer a palete para a respetiva bancada).

### 5.1.2. Armazém para colocar os moldes

Como referido anteriormente os moldes encontram-se em caixas de cartão, sem identificação, levando muitas vezes a que o soldador não saiba onde está o molde que precisa para uma determinada encomenda. Assim propôs-se a deslocação do armário da figura 32 para a zona de soldadura, e a criação de caixas *standard* para cada tipo de molde e devidamente identificadas.

### 5.1.3. Desenho técnico

Em conversações com o diretor de produção, com os programadores e com os soldadores chegou-se à conclusão que as medidas de quinagem que apareçam no desenho técnico são as principais responsáveis pelo aparecimento de “folgas” nas peças. Normalmente, quando são produtos que se faz com alguma regularidade, raramente apareçam folgas neles por já se terem ajustado as cotas ao longo dos tempos. O maior problema surge quando aparecem produtos novos ou com medidas novas (praticamente todos os dias) e é necessário dar medidas para a quinagem. Normalmente, quando aparecem estes novos produtos já aparecem folgas o que leva a uma operação de retrabalho aos soldadores. De forma a contornar este problema, sugere-se que sempre que exista uma encomenda nova com mais de 10 produtos, seja “quinado” um deles à frente, e depois ajustar as medidas de “quinagem” consoante o tamanho e as dimensões da folga. Desta forma já se consegue diminuir a quantidade de “retrabalho” que os soldadores necessitam de realizar, o que se pode transformar em ganhos bastante elevados.

### 5.1.4. Soldar por pontos e soldar os pernos

A soldadura por pontos e a soldadura dos pernos é um processo mais simples que a soldadura TIG. Como na empresa há outros operários que podem executar este processo (operário da guilhotina, ou operários das ferramentas e manutenção) sugere-se que sempre que existam produtos que necessitem de serem soldados por pontos, deve ser um operário que não seja soldador a executar essa tarefa. Com a este procedimento consegue-se ganhar mais mão-de-obra (6 soldadores +1 operário) aumentando a produtividade do processo.

### 5.2. Alterações no *layout* do sistema produtivo

O responsável pelo *layout* das máquinas da EIB, devido à falta de espaço na zona de produção, tinha definido que a máquina de pernos iria ficar junto à guilhotina como mostra a seguinte figura.

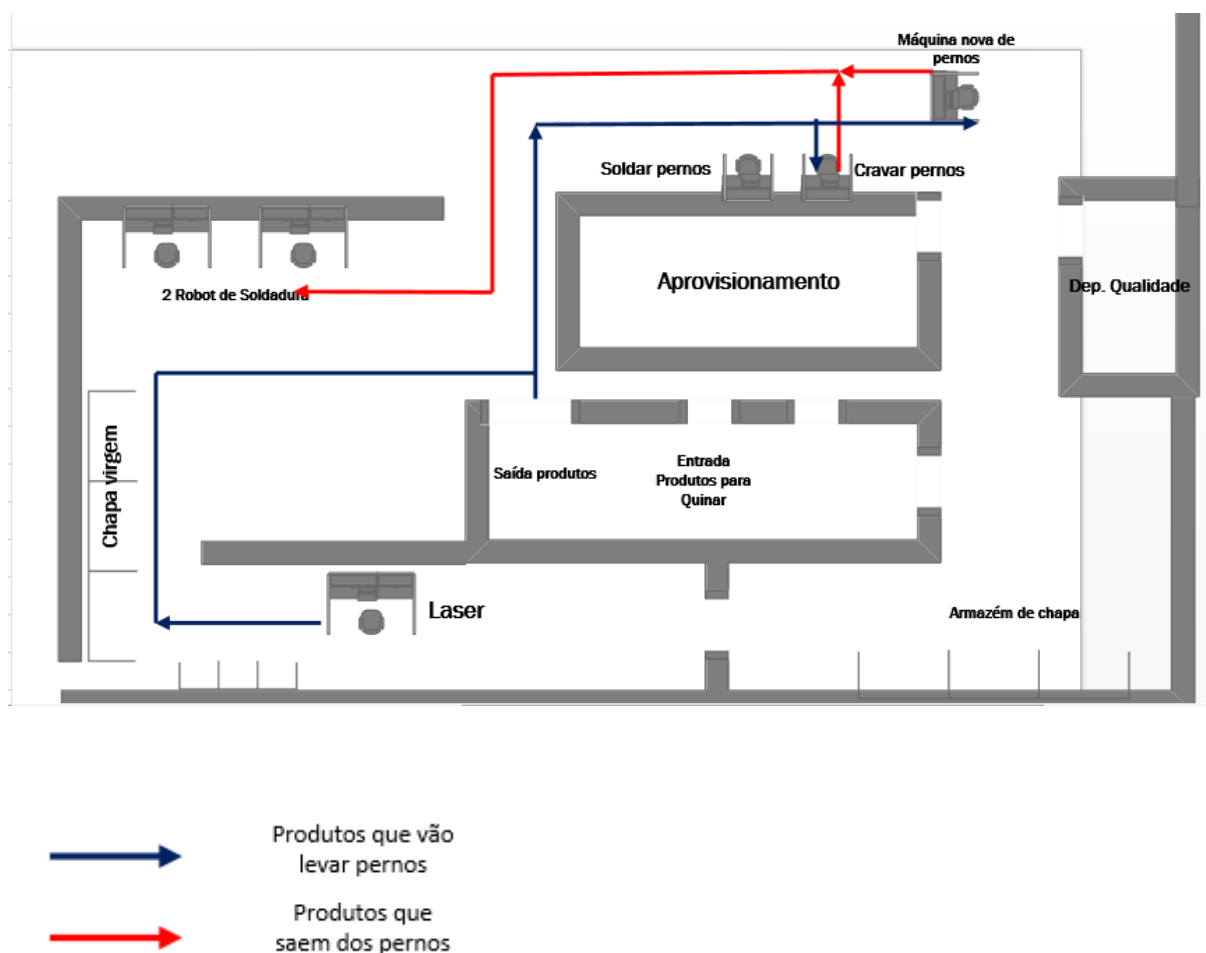


Figura 39- Layout previsto para a nova máquina de cravar pernos

Com este *layout*, os produtos ao saírem da máquina laser e da salvagnini vão percorrer grandes distancias até à máquina de pernos. Além disso, como já se referiu anteriormente, o fluxo de produtos não vai ser sequenciado, invertendo o sentido na máquina de pernos.

Assim procurou-se arranjar uma solução para evitar estas elevadas distâncias entre processos. O primeiro passo foi limpar e organizar o armazém de chapa junto ao portão da empresa (armazém 1), pois a chapa encontrava-se quase toda na horizontal (ocupando espaço necessário quando podia estar na vertical) e levar para a sucata materiais desnecessário e rolos de chapa que não eram utilizados desde há muitos anos (uns desde 2006, outros 2007 etc.)



**Figura 40- Materiais para sucata**

Como se vê na figura 40, depois de ter sido feita uma seleção do que era e do que não era importante no armazém 1, conseguiu-se eliminar uma quantia bastante considerável de rolos de chapa e outros materiais que apenas estavam a ocupar espaço. Havia mesmo rolos de chapa que tinham chegado à empresa em 2006 e que se apresentavam em condições deterioradas, e apesar da chefia de topo praticamente passar pelo armazém todos os dias, nunca tinha reparado que a quantidade de rolos de chapa nestas condições fosse tão grande.

Com esta ação de seleção do que era e do que não era importante libertou-se um espaço bastante considerável no armazém como está representado na figura seguinte.



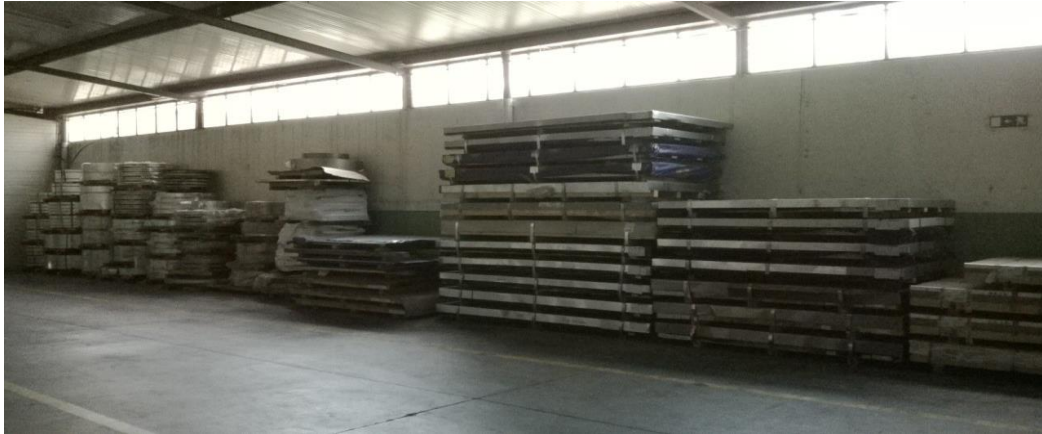
**Figura 41- Espaço liberto no armazém 1**

Paralelamente organizou-se também os restantes rolos e chapa verticalmente, como mostra a figura 42.



**Figura 42- Disposição dos rolos de chapa na vertical**

Assim, com o espaço ganho neste armazém, foi possível transferir as chapas que se encontravam em frente à Salvagnini (figura 29) para este armazém. Atualmente a figura 43 mostra a disposição atual dos rolos e da chapa no armazém 1.



**Figura 43- Transferência de chapa para o armazém 1**

Com a deslocação da chapa para o armazém 1 libertou-se espaço em frente à Salvagnini. Assim, o autor propôs à chefia de topo que a nova máquina de pernos fosse instalada naquele espaço e que se transferisse a máquina antiga de cravar pernos e a máquina de soldar pernos também para aquela zona. Após uma reunião com a chefia de topo, onde foram apresentadas as vantagens que este *layout* apresentava em relação ao que estava previsto (figura 39) a proposta foi prontamente aceite por todos, e depois de se ter verificado que o espaço existente era o suficiente para as três máquinas, realizaram-se as transferências.



**Figura 44- Colocação das máquinas de pernos em frente à salvagnini**

A figura 44 mostra o *layout* atual, com as máquinas de pernos instaladas em frente à salvagnini. Para melhor se perceber o que se alterou com este novo *layout*, é apresentado a figura 45 que mostra o trajeto das peças/produtos que precisam de levar pernos.

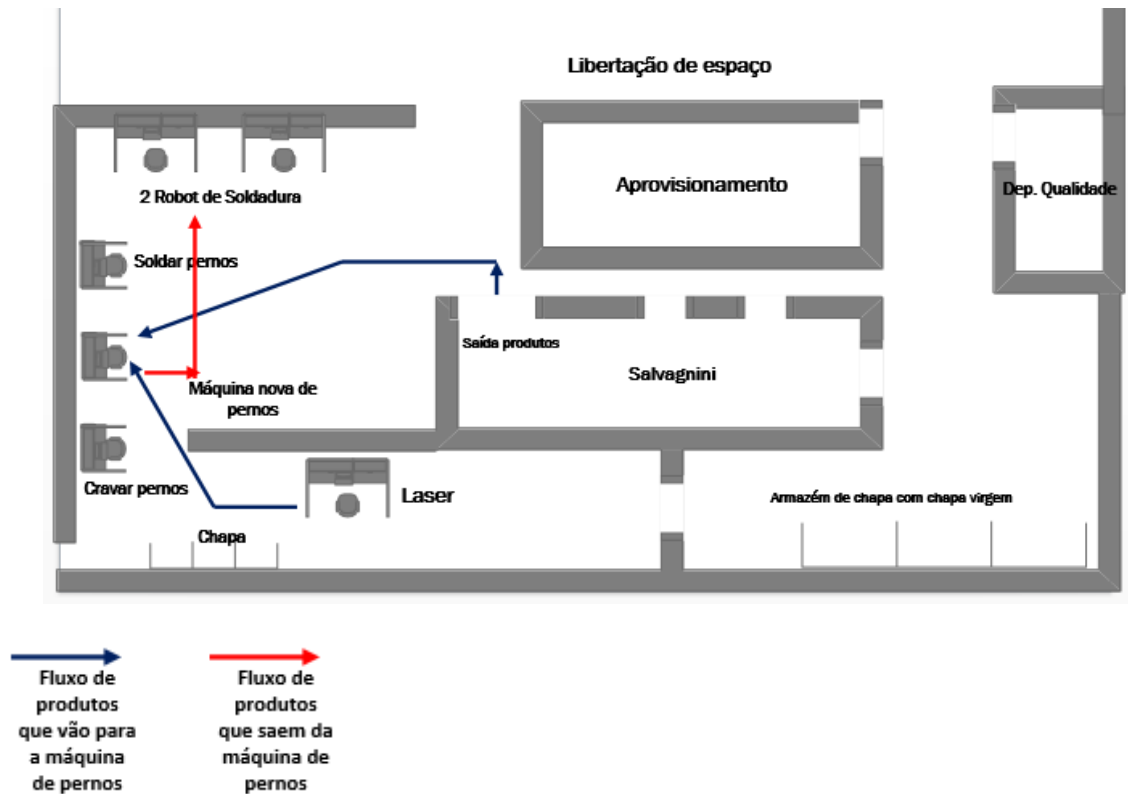


Figura 45- Layout atual das máquinas de cravação de pernos

Na figura 45 é possível observar que a zona que antes era designada com “*stock* intermédio” deixou de existir, pois iniciou-se a instalação de 2 robots de soldadura, que já estavam “*encomendados*” antes do autor iniciar a dissertação na empresa. Assim, é possível verificar que o novo *layout* em comparação com o que estava previsto leva a que as peças/produtos percorram uma distância muito mais reduzida.

### 5.3. Organização da empresa

#### 5.3.1. Limpar a empresa

Devido à aquisição de novas máquinas o espaço fabril encontra-se cada vez mais lotado e desorganizado. Como visto no capítulo 4.3 junto ao armazém de chapa da salvagnini encontravam-se produtos já embalados, prontos para serem expedidos. Assim, sugeriu-se mover esses produtos para um local perto da garagem de expedição, e colocar mais uma estante de armário de chapa, junto ao armazém já existente da Salvagnini. A figura do *layout* atual e das imagens atuais da empresa podem ser observadas nas seguintes figura 46 e na figura 47.



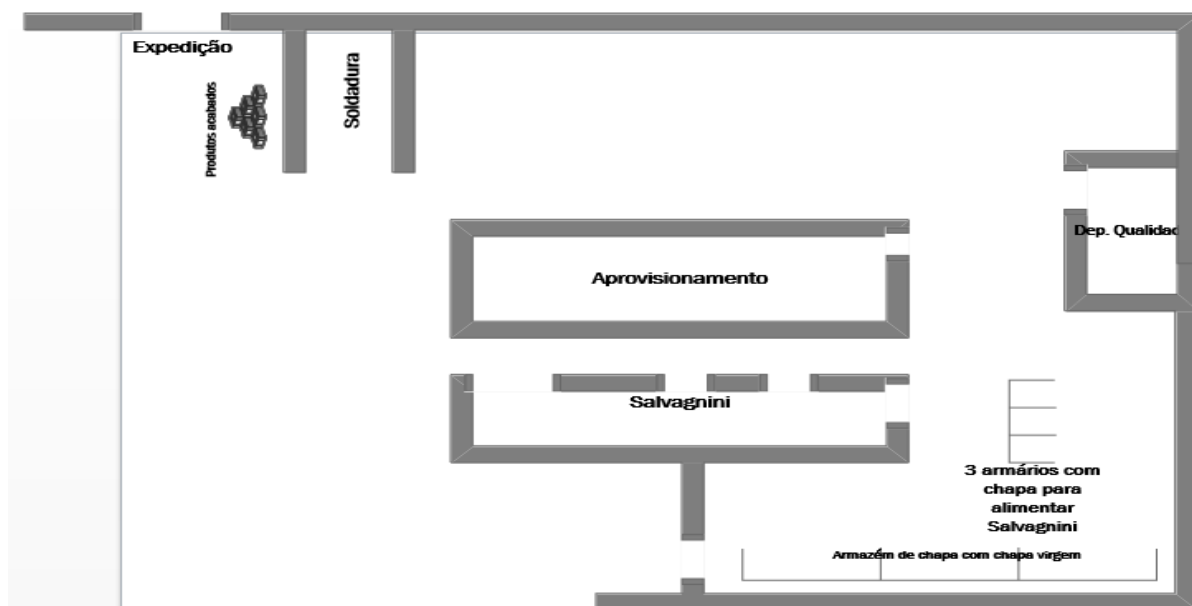


Figura 46- Transferência dos produtos acabados junto do portão de expedição



Figura 47- Colocação de mais um armário de chapa no armazém 2

O armazém que se colocou (lado esquerdo da figura 47) estava “perdido” junto ao armazém 1 e assim foi possível aproveitá-lo e dar-lhe uso, sem que para isso a empresa tenha tido despesa monetária na produção de um novo.

### 5.3.2. Venda de equipamentos estragados/pouco utilizados

A fábrica dispõe no seu sistema produtivo equipamentos que se encontram avariados há alguns anos, e outros que muito raramente são utilizados. Estes equipamentos ocupam um espaço considerável que podia ser bem aproveitado caso estivessem livres. Além disso, dificultam a movimentação dos operários e contribuem para a desorganização da empresa.

As listas de equipamentos que se encontram avariados ou que apresentam uma taxa mínima de utilização apresentam-se na seguinte tabela.

Tabela 12- Máquinas/Equipamentos avariados ou com baixa taxa de utilização.

Equipamento	Motivo	Taxa de utilização
Guilhotina 2	Avariada	Não utilizada desde 2012
Quinadora 3	Baixa utilização	1 vez de 3 em 3 meses
Quinadora 4	Baixa utilização	1 vez de 3 em 3 meses
Robot de soldadura (antigo)	Avariada	Não utilizada desde 2010
Armário da fig 32	Espaço	Ocupar espaço com materiais desnecessários

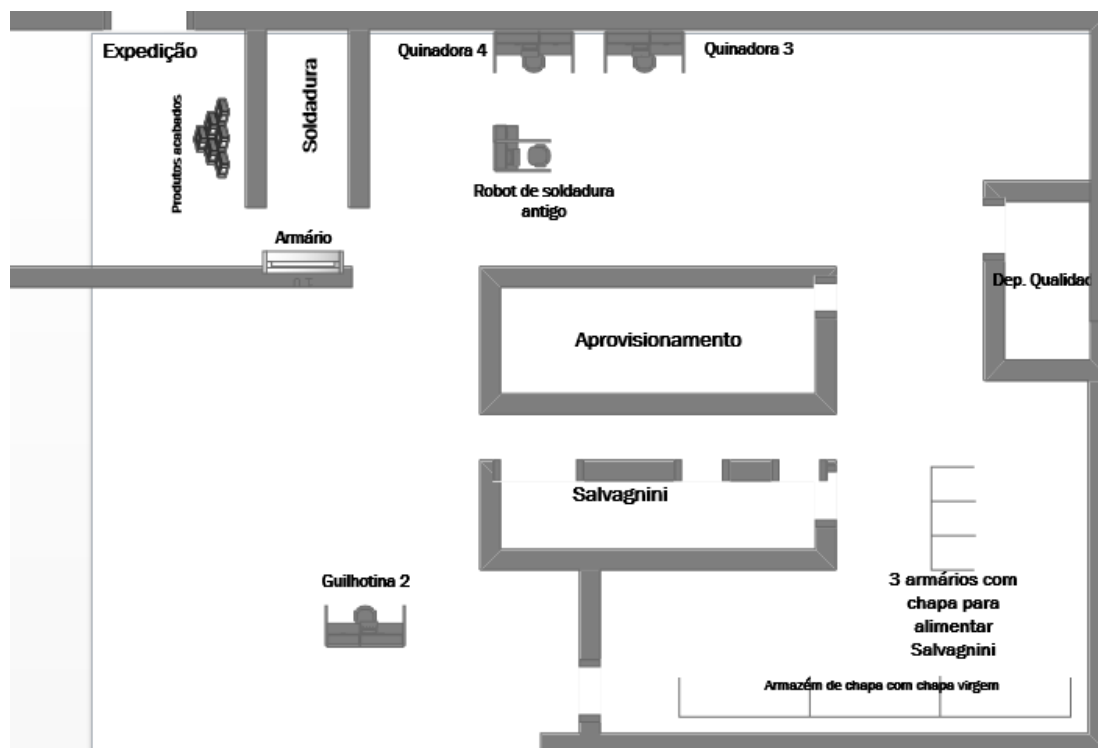


Figura 48- Localização dos equipamentos avariados/inutilizados



A figura 48 mostra a localização de cada equipamento referido na tabela 12. A guilhotina 2 encontra-se entre a máquina laser e a salvagnini, as quinadoras 3 e 4 junto à parede que limita o pavilhão da EIB, e o robot de soldadura encontra-se entre a quinagem e a secção de soldadura. Como referido anteriormente, o armário da figura 32 encontra-se em frente à zona de soldadura.

### **5.4. Mizusumachi**

Como visto na secção 4.5 existe um grande desperdício em transportes e movimentações na fábrica, devido ao facto de todos os operários terem de parar de executar tarefas de acrescentar valor para transportarem produtos. Assim propõe-se que exista apenas um colaborador responsável pelos transportes por toda a empresa e que ao invés dos tradicionais porta-paletes e empilhadores, o colaborador desloque-se num comboio logístico constituído por carruagens.

#### **5.4.1. Carruagens do comboio**

Devido à elevada variabilidade das dimensões dos produtos da EIB propôs-se que as carruagens tivessem diferentes dimensões. Assim sugere-se que a primeira carruagem seja destinada às peças mais pequenas (até 2000x1000), a segunda às peças maiores (3000x1500) e a terceira e a quarta que tenham as dimensões das paletes mais comuns da empresa (2500x1000).

#### **5.4.2. Rota**

A rota e o tempo de abastecimento são fundamentais no sucesso do mizusumachi, pois é preciso garantir que nenhum posto fique parado por falta de material. Assim, na figura seguinte encontra-se aquela que foi considerada a melhor rota para o mizusumachi (figura 49)

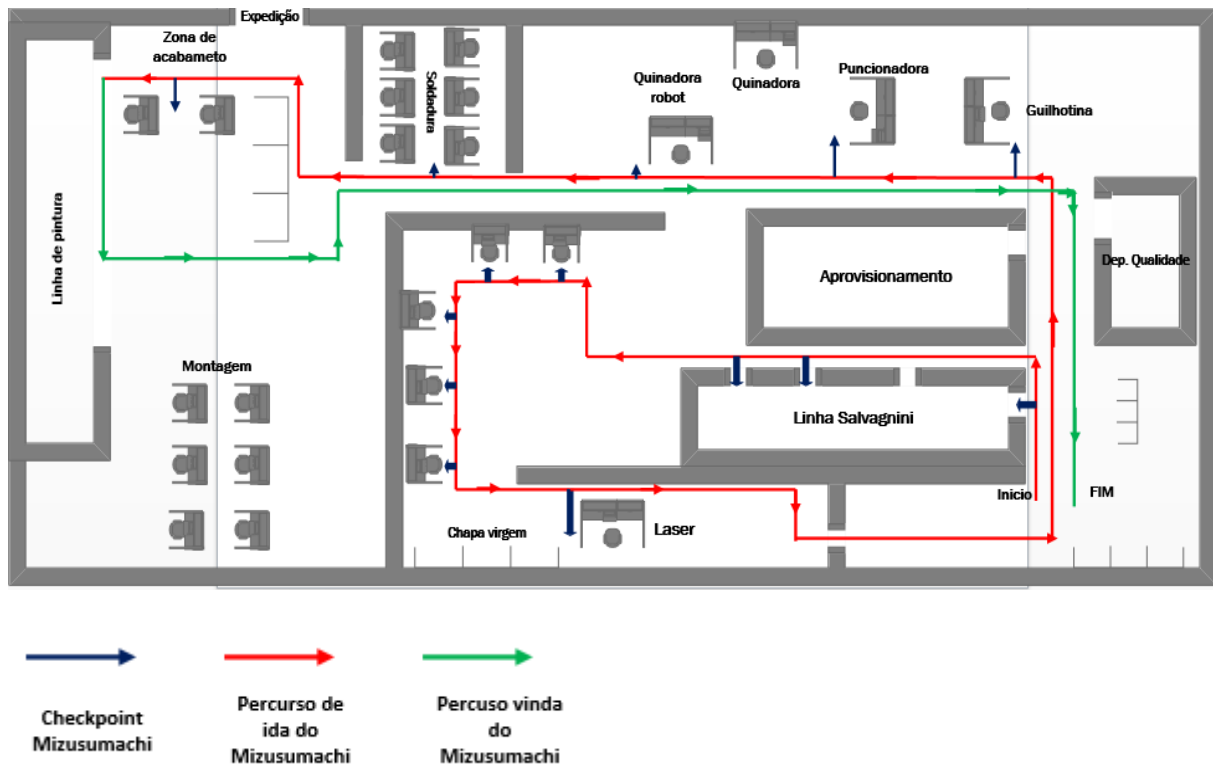


Figura 49- Rota e pontos de paragem do Mizusumachi

Por observação da figura 49, constata-se que o início do percurso dá-se junto à salvagnini, sendo que os restantes “checkpoints” do mizusumachi são respetivamente robot de soldadura, pernos, laser, guilhotina, puncionadora, quinadeira, quinadeira robot, soldadura e acabamento. Esta rota foi considerada a ideal, pois os únicos sítios em que o mizusumachi tem espaço para inverter o sentido é junto à máquina laser e junto à secção de acabamento.

Devido à proximidade entre a pintura – montagem e à elevada quantidade de produtos que saem ao fim de um dia de pintura, concordou-se que o mizusumachi não reunia as condições necessárias para passar por lá.

### 5.5. Fichas de produção

A falta de normalização na abertura de fichas e a desorganização que elas provocam no espaço fabril é uma constante no sistema produtivo da EIB. De forma a tornar a gestão de ordens de produção mais organizada, intuitiva e económica sugeriu-se as seguintes medidas

- Apenas uma ficha por encomenda
- Folha de auto controlo junto à ficha mãe

- Sequência de operações na ficha de produção

### 5.5.1. Normalização das fichas de produção

A abertura de fichas de vários componentes que originam um produto final provoca confusão no sistema de fabrico, pois muitas vezes os diferentes componentes estão em locais diferentes. Assim propôs-se que exista apenas uma ficha por encomenda que contenha todos os componentes e quantidades necessárias para a formação do produto final.

### 5.5.2. Folha de auto controlo

Quando a ficha “mãe” chega ao sistema produtivo é enviada uma cópia desta ficha com uma folha de auto controlo para as secções por onde o produto final vai passar. Esta folha de auto controlo só pode ser preenchida quando o produto “passa” na respectiva secção. Assim, sugere-se juntar a folha de auto controlo à ficha mãe, eliminando as cópias de fichas. Porém ao contrário da zona da serralharia (quinagem, soldadura, pernos) onde não há vantagem em saber que encomenda vem a seguir, propôs-se enviar em formato digital a ficha original para a pintura e a montagem pois os colaboradores destes postos necessitam de verificar se têm as tintas e o material eléctrico disponível para trabalharem nos produtos quando eles chegarem.

### 5.5.3. Sequência de operações

Apesar de na ficha estarem assinaladas as secções por onde o produto vai passar, não tem a ordem destas. Na figura 50 temos um exemplo de como são assinalados os processos

Departamento Técnico e da Qualidade

Cliente: [REDACTED]

Código: 21110852 Nr. Cont: 502217765

Morada: Parque Poente, Lote 26 - Sequeira

Análise Nº	Orçamento Nº	V/ Req. nº	Valor	Desc.1	Desc.2	Ficha Exec. Nº	Quan
M2062	2425		[REDACTED]	0,00%	0,00%	1/ 140843	5

Descrição do produto: CAIXA P/ MONITOR DATACAR MMIV C/ +/- 259x442x54 V 3

Código do produto: Código Alternativo:

Distribuido:  SE  ME  PI  MLP  TQ  Outros/ Diversos

B.I. nº: \_\_\_\_\_

Figura 50- Forma atual de indicar a gama operatória

As siglas “SE” “ME” “PI” “MLP” significam respectivamente Serralharia, Montagem Elétrica, Pintura, Máquina laser. A secção da serralharia engloba várias estações de trabalho como a quinagem, a máquina de inserir pernos, a soldadura etc.

Desta forma e devido à variabilidade de “caminhos” que um produto pode tomar, surgem confusões no sistema de fabrico. Por exemplo, um produto pode seguir o caminho Corte-> Pernos-> Quinagem, mas o produto a seguir já pode ser Corte-> Quinagem-> Pernos. Além disso como a zona de serralharia engloba diferentes máquinas torna difícil saber a ordem destes, o que muitas vezes leva os operários a deslocarem-se ao gabinete do diretor de produção para esclarecerem dúvidas.

Assim foi proposto uma nova organização de processos onde os  são substituídos por números. Estes números indicam a sequência das operações fazendo com que cada colaborador já saiba qual é a próxima operação que aquela peça vai “sofrer”. Também se propõe a divisão da secção da serralharia “SE” em quinagem, pernos, soldadura, guilhotina e puncionadora, de forma a tornar mais intuitivo e simples saber qual a próxima operação a realizar.

### **5.6. Pintar mais dias**

Numa semana normal de trabalho a pintura ocorre em 2 dias durante 19h (o intervalo do almoço é por turnos nestes dias.) Como durante estes dias são “retirados” no mínimo 3 operários de outros postos para ajudarem na pintura (levando a que algumas estações de trabalho fiquem inativas), sugere-se que a pintura seja efetuada durante 4 dias, durante as 4h30horas da tarde. Desta forma os 5 colaboradores organizam-se para realizarem as tarefas de acabamento pela manhã e pintarem de tarde.

### **5.7. Montagem eléctrica**

De forma a aumentar a produtividade na montagem eléctrica é apresentada a seguinte proposta de *layout*

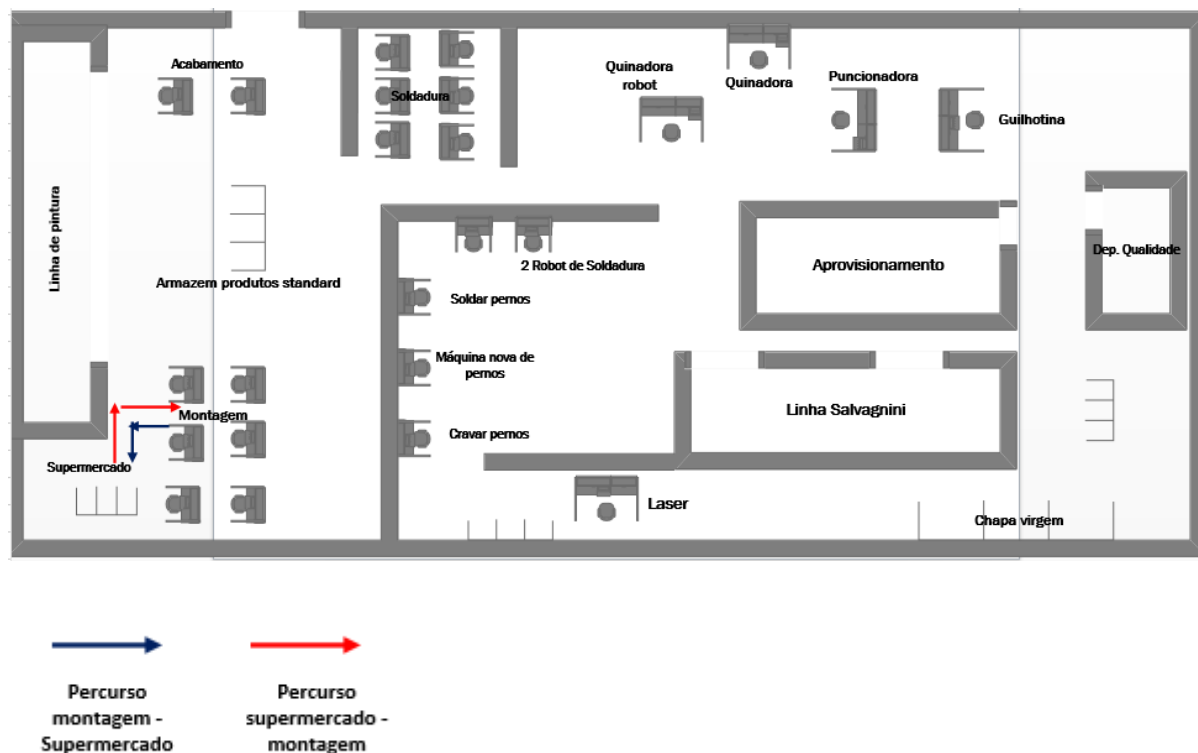


Figura 51- Layout proposto da montagem eléctrica

Através da figura 51 verifica-se que é proposto a criação de um “supermercado” junto à montagem. Apesar da empresa possuir mais equipamentos do que aqueles que estão identificados na figura, existe espaço suficiente junto à secção para se mover o armário da figura 52 para lá. É proposto a deslocação deste armário ao invés do fabrico ou compra de um novo, pois acarreta um custo muito menor à empresa, situação que é muito valorizada e relevante para a gestão de topo.



**Figura 52- Armário abandonado no sistema produtivo da EIB**

O armário da figura 52 encontra-se “perdido” dentro da área fabril da EIB, nomeadamente junto ao armazém de produtos standard. As estantes do armário encontram-se praticamente vazias tendo apenas alguns materiais que são considerados “lixo”. Assim é proposto dar uma funcionalidade ao armário, e que este passe a atuar como um “supermercado” onde os colaboradores do aprovisionamento ao receberem a listagem com o material elétrico colocam-no em caixas devidamente identificadas com o número da obra e data de entrega. É proposto também que os colaboradores do armazém quando prepararem o material elétrico para as caixas, façam-no juntamente com uma checklist de materiais de forma a evitar esquecimentos de componentes eletricos e de forma a eliminar a tarefa do operário da montagem eléctrica de confirmar se os componentes estão todos nas quantidades certas. O limite máximo de encomendas no supermercado vai sempre depender do tamanho da mesma, pois obras com muitos componentes eléctricos ocupam mais espaço do que as outras. Assim torna-se extremamente importante a identificação das obras pela data de entrega no supermercado para os operários da montagem eléctrica mal terminarem uma encomenda saberem qual é a que têm de produzir a seguir. Os vagões a horizontal que limitam as estantes têm uma largura de 10 centímetros, permitindo a colocação de etiquetas com todos os dados importantes de uma determinada encomenda : data de entrega, componentes eléctricos, etc.

## 5.8. Armário de ferramentas para a Salvagnini e máquina de pernos

### 5.8.1. Salvagnini

As ferramentas da linha de produção da salvagnini encontravam-se numa mesa horizontal, desorganizadas e sem qualquer tipo de identificação como podemos verificar na seguinte figura



Figura 53- Disposição das ferramentas da salvagnini

A forma como as ferramentas estavam dispostas criava confusão no posto de trabalho, pois devido à similaridade de algumas delas era difícil distingui-las umas das outras, não havia segurança e a desorganização na mesa era constante, como se pode comprovar pela figura.

Assim foi proposto a construção de um armário para guardar as ferramentas e identifica-las diminuindo os tempos não produtivos em que o operário perdia à procura da ferramenta certa. Como a gerência não queria atrasar as encomendas dos clientes, a construção do armário foi sendo adiada constantemente, levando à oxidação de uma ferramenta





**Figura 54- Ferramenta oxidada**

Na figura 54 consegue-se verificar que a ferramenta do lado direito (para quem observa a imagem de frente) está oxidada. Assim e devido a esta ocorrência a chefia viu que era realmente importante ter um armário para guardar as ferramentas. O local escolhido para o armário foi o mais próximo possível da porta onde se realizam as trocas de ferramentas, minimizando assim as deslocações do operário.



**Figura 55- Armário para guardar as ferramentas da salvagnini**





Figura 56- Prateleiras do armário

As figuras 55 e 56 mostram a posição do armário e as ferramentas guardadas em prateleiras da maneira que mais convém ao operário. Atualmente ainda se está a debater com o operário qual a melhor forma de etiquetar e posicionar as ferramentas, de forma a tornar o armário verdadeiramente organizado e arrumado.

O carrinho de apoio onde o operário coloca as ferramentas antes de iniciar o *changeover* também foi alvo de melhorias. Criou-se assim um espaço para cada ferramenta numa chapa com as mesmas medidas da base do carrinho, permitindo ao operário preparar da forma que lhe der mais jeito a próxima troca de ferramentas, ou qualquer tarefa que esteja ligada à manutenção.



Figura 57- Adaptação na mesa do carrinho do operário da salvagnini

A figura 57 mostra o estado atual do carrinho, e é possível verificar as áreas que estão reservadas para cada tipo de ferramenta (existem áreas retangulares e circulares pois as ferramentas não têm todas a mesma forma, nem ocupam todas o mesmo espaço.)

### 5.8.2. Máquina de pernos

Como se pode observar na figura 58 as ferramentas da maquina de pernos encontravam-se numa mesa horizontal levando aos mesmos problemas que afetavam a salvagnini. Deste modo recomendou-se agir da mesma maneira e construir um armário que ficasse no meio de ambas as máquinas de pernos (nova e a antiga) e de fácil acesso a ambas. O resultado está apresentado na seguinte figura



Figura 58- Armário para as ferramentas das máquinas de pernos

Como se pode verificar na figura, o armário está colocado entre a máquina antiga e a máquina nova, e de fácil acesso para ambas.

### 5.9. Armazenamento de chapa

Como algumas chapas não têm a etiqueta de identificação, propõe-se que seja feita uma revisão a cada armazém, e que se faça uma listagem do tipo de chapa e das dimensões que estão em falta, para em seguida ser possível etiquetar cada uma delas.

Como se viu na secção 4.10 o armazém da salvagnini está muito desorganizado levando a grandes perdas de tempo por parte do operário. Assim, apesar da grande variabilidade de

chapas existentes, com a ajuda do diretor de produção, e do colaborador da Salvagnini, conseguiu-se listar as chapas que usualmente alimentam a linha, apresentando-as na tabela 13.

Tabela 13- Chapas mais utilizadas pela Salvagnini

<b>Tipo</b>	<b>Dimensões (cxl) mm</b>	<b>Espessura (mm)</b>
<b>Polida</b>	3000 x 1500	1,5
	2500 x 1250	
	2000 x 1250	
	3000 x 1500	1,25
	2500 x 1250	
	2000 x 1250	
<b>Galvanizada</b>	3000 x 1500	1,5
	2500 x 1250	
	2000 x 1250	
	3000 x 1500	1
	2500 x 1250	
	2000 x 1250	

O armazém de chapa da salvagnini é constituído por 3 “armários” cada um com 4 estantes que separam a chapa. A figura 59 mostra a imagem real do armazém 2.



Figura 59- Armazém 2

Apesar de não ser possível observar pela imagem, como se referiu no tópico 4.10 existem chapas replicadas neste armazém, chapas sem etiquetas de identificação, e a maior parte das chapas que estão presentes na tabela 13 não se encontram neste armazém.

Assim é sugerido que passe a existir um local próprio para cada chapa da tabela 13 como se pode observar na figura seguinte

Polida 3000x1250x1,5	Polida 2500x1250x1,5	Polida 2000x1250x1,5
Etiqueta	Etiqueta	Etiqueta
Galva 3000x1250x1,5	Galva 2500x1250x1,5	Galva 2000 x1250x1,5
Etiqueta	Etiqueta	Etiqueta
Polida 3000x1250x1,25	Polida 2500x1250x1,25	Polida 2000x1250x1,25
Etiqueta	Etiqueta	Etiqueta
Galva 3000x1250x1	Galva 2500x1250x1	Galva 2000x1250x1
Etiqueta	Etiqueta	Etiqueta

Figura 60- Proposta de localização fixa de chapa no armazém 2

Observando a figura 60 é possível constatar que os 3 “armários” do armazém 2 são suficientes para alocar as chapas mais utilizadas pela Salvagnini, melhorando assim a organização do mesmo e facilitando (em muito) o trabalho dos operários.

### 5.10. Redução dos transportes e movimentos na guilhotina

Com a mudança da máquina antiga de pernos e a de soldar os pernos, conseguiu-se uma libertação de espaço na zona onde estes se encontravam. Assim moveu-se um armário para lá, para ser colocada a chapa que é mais vezes utilizada na guilhotina. Juntamente com esta alteração, também se propõe que tanto a guilhotina como a puncionadora sofram uma rotação de 180° pois a guilhotina alimenta a puncionadora e apesar destas se encontrarem juntas estão de costas uma para a outra. Ao sofrerem as respectivas rotações, os operários conseguem manusear as duas máquinas percorrendo um espaço menor. O novo *layout* está apresentado na seguinte figura.

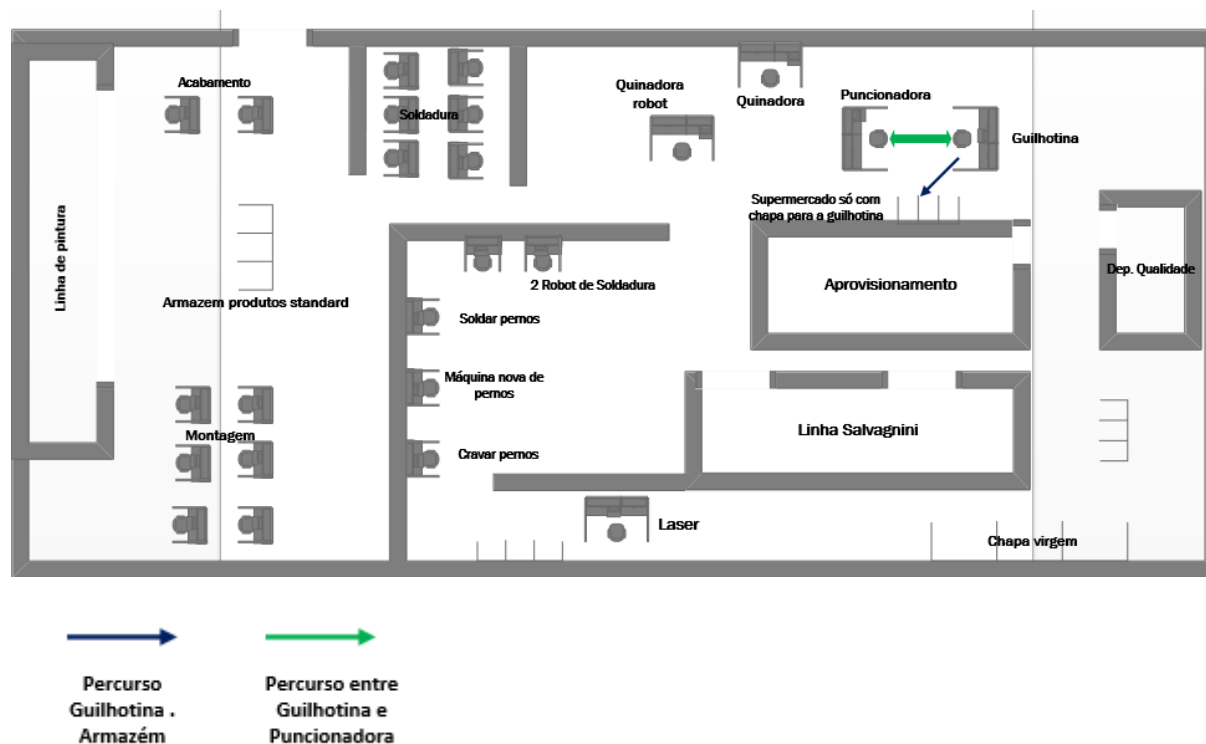


Figura 61- Layout da proposta de melhoria na secção da Guillotina

Como se pode observar pela figura 61, no espaço onde se encontravam os equipamentos dos pernos encontra-se agora um armário com chapa para alimentar a guilhotina. Em comparação com a figura 37 pode-se observar que existe uma grande redução no caminho que o operário tem de percorrer.

Aliada a esta alteração de *layout*, também se constata que a movimentação das peças e dos operários (entre a guilhotina e a puncionadora) passa a ser menor caso ambos os equipamentos sofram uma rotação 180°.

### 5.11. Equipa de melhoria continua

Ao longo dos anos a EIB tem apostado na melhoria do sistema produtivo sobretudo através da aquisição de novos equipamentos. O aumento da produtividade através da redução de desperdícios e aumento da eficiência dos processos tem sido subvalorizada pela gestão de topo, existindo várias oportunidades de melhoria no espaço fabril que se forem alvo de estudo podem trazer grandes mais-valias para a empresa.

Sugere-se assim a formação de uma equipa de “melhoria continua” que conjugue os conhecimentos teóricos e práticos necessários para melhorar a performance do sistema

produtivo. Propõe-se assim que a equipa seja constituída pelas seguintes pessoas, apresentadas tabela 14.

Tabela 14- Elementos da equipa de melhoria continua

Nome	Função	Mais-valias de cada
<b>Senhor António</b>	Chefe da empresa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poder de decisão</li> <li>• Conhecimento dos pontos fortes e fracos da empresa</li> </ul>
<b>Engenheiro Henrique</b>	Diretor da produção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreensão de todos os processos da empresa</li> <li>• Conhecimento de tudo o que se passa na área fabril</li> </ul>
<b>Pedro moreira</b>	Engenheiro de Gestão Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conhecimentos na área de Gestão Industrial</li> </ul>

Sendo estes os elementos fixos da equipa, também é necessário um 4º colaborador que vai variando de acordo com o tipo de melhoria a alcançar. Por norma este elemento será o operário que tenha melhor conhecimento prático sobre a zona-alvo de estudo. Por exemplo, se o objetivo for a redução do tempo de *changeover* da máquina laser, o 4º elemento será o operário da Laser.

Propõe-se também que esta equipa se junte todas as segundas-feiras para uma reunião das 9h às 10h da manhã. Nestas reuniões, sugere-se que se utilize o ciclo *PDCA* de forma a que seja possível agilizar e clarificar qual o plano de ação a seguir. Na primeira reunião para uma determinada melhoria é necessário ficar definido quais as medidas a tomar e o tempo necessário a implementa-las. Na última reunião é necessário analisar os resultados obtidos, verificar se os objetivos propostos na primeira reunião foram alcançados, para assim decidir se se pode seguir para a próxima melhoria ou se é necessário alterar alguma medida caso os objetivos não tenham sido alcançados.

Com base na análise do sistema produtivo propõe-se que as primeiras acções de melhoria sejam as seguintes

- Melhorar a produtividade na soldadura
- Melhorar a produtividade na pintura

- Reduzir o tempo de *setup* da Salvagnini

Sugere-se que a primeira zona de estudo seja a soldadura, pois cada vez mais o número de *WIP* está a aumentar (devido à diminuição dos tempos de corte e quinagem) o que está a levar ao atraso de encomendas e à necessidade de horas extra.

Caso a produtividade na soldadura aumente é exetável que leve ao aumento da produção, e por conseguinte vai haver mais produtos para pintar ao fim da semana. Como atualmente por vezes já não chega pintar apenas em 2 dias, também será necessário agir na zona de pintura de modo a melhorar a sua produtividade.

O tempo de troca de matrizes na Salvagnini é aproximadamente de 1 hora. Sempre que existe a troca de chapa de uma espessura para outra, é necessário realizar troca de matrizes. Como a EIB apresenta uma elevada variabilidade de produtos, a necessidade de trocar de chapas é constante. Assim é extremamente importante conseguir reduzir o tempo de *changeover*, e para isso propõe-se que se utilize a técnica *SMED* na salvagnini.

Conseguindo melhorias significativas neste processo, é esperado que a gestão de topo fique convencida que também pode aumentar a produtividade da empresa sem ser através da aquisição de novos equipamentos, prestando cada vez mais atenção aos acontecimentos no espaço fabril.

### **5.12. Localização fixa da chapa**

Como já foi referido na secção 4.10 os operários perdem muito tempo à procura da chapa no sistema fabril. Assim, propõe-se que exista uma localização fixa para cada tipo, espessura e dimensões de chapa ao longo dos três armazéns. Deste modo, quando se imprimir uma ficha de produção para o sistema produtivo, juntamente com o tipo e tamanho, dá-se também a indicação da localização da mesma, impedindo assim que os colaboradores percam tempo à procura dela.

Para esta proposta ser implementada é necessário que cada “palete” em cada armazém esteja devidamente identificada com o respetivo tipo de chapa e as suas dimensões. Atualmente, através de observação dos 3 armazéns, verificaram-se os seguintes dados, expostos na tabela 15.



Tabela 15- Contagem de paletes bem identificadas nos armazéns de chapa.

Armazém	Nº de paletes	Nº de paletes devidamente identificadas	Nº de paletes com falta de etiquetas
Armazém 1	40	23	27
Armazém 2	52	28	24
Armazém 3	85	75	10

Assim propõe-se que sejam etiquetadas todas as paletes que estão em falta. Simultaneamente, também é necessário que dentro de cada armazém, cada etiqueta esteja identificada com o número da prateleira onde se encontra. Em seguida, sugere-se a criação de um excel que indique em que posição se encontra cada tipo de chapa.

Tipo de chapa	Dimensão	espessura	armazém	nº prateleira
Galvanizada	2000x1500	1	1	3
Galvanizada	3000x1500	1,5	1	5
Galvanizada	2000x1250	1	2	11
Galvanizada	2000x1000	2	2	7
Galvanizada	2000x1500	1,5	3	4

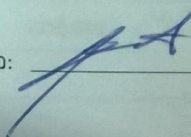
Figura 62- Proposta do excel interligado

A figura 62 é um exemplo de como o autor sugere que as chapas estejam organizadas pelos armazéns. Ao saber o tipo de chapa, dimensão e espessura de uma determinada chapa é possível verificar através do excel onde esta se encontra na área fabril. A figura seguinte mostra o estado atual de uma ficha “mãe”.



MLP = APAGAR AN E SGN/SON

<input type="checkbox"/> Apoiado no Chão	<input type="checkbox"/> C/ Barramento	<input checked="" type="checkbox"/> Chapa polida
<input checked="" type="checkbox"/> Só Chapa	<input type="checkbox"/> IP	<input checked="" type="checkbox"/> Cor PRETO Texturado fino
<input type="checkbox"/> C/ Porta	<input type="checkbox"/> F. Recibo	<input type="checkbox"/> Mat. Cliente
<input type="checkbox"/> Mat. à Vista	<input checked="" type="checkbox"/> Facturar	<input type="checkbox"/> Mat. EIB
<input type="checkbox"/> C/ Montagem	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> C/ Electrificação		

Autorizado:   
 GR/FR nº: \_\_\_\_\_  
 Data: \_\_\_\_\_

ha \_\_\_\_\_  
 014 \_\_\_\_\_  
 Obra nº: \_\_\_\_\_  
 Data: \_\_\_\_\_

Figura 63- Apresentação atual da ficha

Como se pode comprovar pela figura, o departamento comercial ao abrir a ficha de execução apenas indica que vai ser preciso uma chapa polida. Tal acontece, porque só depois do desenho técnico estar realizado (com a chapa planificada) é que se consegue dizer qual a medida da chapa a utilizar. Por exemplo se a chapa planificada tiver 1900mm x 1400mm a chapa a usar vai ser a de 2000mm x 1500mm. Assim, quando a ficha “mãe” chega à primeira estação de trabalho, é o operário de lá que decide qual a chapa que vai usar e vai procura-la. De forma a eliminar este tempo não produtivo por parte dos operários, é proposto que no estado futuro o diretor de produção antes de levar a ficha mãe à primeira estação de trabalho indique as dimensões e a localização da chapa no armazém (com a ajuda do excel da figura 62.) Como todos os desenhos técnicos passam pelo diretor de produção, com as medidas da chapa planificada consegue facilmente identificar quais as dimensões da chapa a utilizar.



## 6. ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo apresentam-se os resultados das propostas implementadas e discute-se os resultados das mesmas e das propostas não implementadas.

### 6.1. Ganhos com alterações de *layout*

Com a alteração de lugar das máquinas de soldar e de cravar pernos, as perdas de produtividade por transportes e deslocações diminuíram como podemos ver na seguinte tabela

Tabela 16- Comparação do *layout* antigo com o atual

	Estado antigo	Estado atual
<b>Distância</b>	Laser – pernos = 50 metros	Laser – pernos = 8 metros
	Salvagnini - pernos = 30 metros	Salvagnini- pernos = 4 metros
<b>Tempo</b>	Laser – pernos =50 segundos	Laser – pernos = 8 segundos
	Salvagnini – pernos=30 segundos	Salvagnini – pernos = 4 segundos

Os resultados são muito satisfatórios, pois obteve-se uma redução de 74% do caminho laser-pernos quer ao nível da distância quer do tempo e uma redução de 86% do caminho salvagnini – pernos.

Em seguida temos a tabela que indica o percurso pernos – robots de soldadura e pernos – soldadura manual caso a nova máquina de pernos se tivesse situado onde estava previsto.

Tabela 17- Estado previsto vs Estado atual

	Estado previsto	Estado atual
<b>Distância</b>	Pernos – robot de soldadura = 25 metros	Pernos - robot de soldadura = 10 metros
	Pernos – soldadura manual = 30 metros	Pernos – soldadura manual = 30 metros
<b>Tempo</b>	Pernos – robot de soldadura = 25 segundos	Pernos – robot de soldadura= 10 segundos
	Pernos – soldadura manual	Pernos- soldadura

| =30 segundos

manual=30 segundos

Mais uma vez os resultados foram satisfatórios, pois conseguiu-se obter uma redução de 60% quer ao nível da distância quer do tempo, do percurso pernos – robots de soldadura. O percurso pernos – soldadura manual, mantém os mesmos números de tempo e distancia quer esteja numa posição ou noutra.

## 6.2. Ganhos com o armazém de chapa para a guilhotina

Com a alteração da máquina de cravar e soldar os pernos, conseguiu-se colocar um armazém de chapa próximo da guilhotina, com os tipos de chapa que mais se utilizam. Na seguinte tabela está representado o estado anterior e o estado atual

Tabela 18- *layout anterior vs layout atual*

	<b>Estado anterior</b>	<b>Estado atual</b>
<b>Distância</b>	Armazém laser – guilhotina =48 metros Armazém salvagnini – guilhotina= 15 metros	Armazém – guilhotina = 4 metros
<b>Tempo</b>	Armazém laser – guilhotina = 48 segundos Armazém salvagnini – guilhotina = 15 segundos	Armazém – guilhotina = 4 segundos

Mais uma vez os resultados foram bastante positivos, pois conseguiu-se uma redução de 83% quer ao nível de tempo quer de distancia, na maior parte das chapas que são utilizadas na guilhotina.

## 6.3. Organização da empresa

A desorganização da empresa é um fator preocupante para todos os colaboradores. Com a limpeza do primeiro armazém da empresa, foi possível enviar para a sucata rolos de chapa que nunca foram utilizados e já lá estavam desde 2006. “Toda a gente sabia que havia chapa antiga no armazém mas nunca ninguém teve a iniciativa de seleccionar e arrumar o

desnecessário. Penso que foi uma ação importante e de valor” disse o responsável pelo provisionamento.

Com a colocação dos produtos acabados perto do portão de expedição da empresa, também se conseguiu reduzir as distâncias e os tempos de transporte, bem como colocar mais um armário de chapa, que estava quase inutilizado no armazém 1.

**Tabela 19- Estado anterior vs Estado atual**

	<b>Estado anterior</b>	<b>Estado atual</b>
<b>Distancia</b>	Produtos acabados- portão de expedição = 60m	Produtos acabados- portão de expedição=7m
<b>Tempo</b>	Produtos acabados- portão de expedição=60s	Produtos acabados- portão de expedição=7s

Conseguiu-se assim uma redução de 88% tanto ao nível da distância percorrida, como ao tempo da viagem.

Relativamente aos equipamentos avariados e/ou inativos estes ainda se encontram na empresa, devido à resistência da gestão de topo em se “livrar” deles.

#### **6.4. Armário de ferramentas e carrinho de apoio para a Salvagnini**

Com a construção do armário a organização das ferramentas melhorou bastante, apesar de ainda faltarem as etiquetas que estão a ser produzidas atualmente. A organização do carrinho de apoio, juntamente com a criação e colocação do armário junto à porta da salvagnini, contribuiu para a redução dos tempos de *changeover* na troca de matrizes como se pode constatar na seguinte tabela

**Tabela 20- Tempo de changeover anterior vs atual**

##### **Tempos de changeover**

<b>Antes da organização do carrinho</b>	<b>Depois da organização do carrinho</b>
60 minutos	52 minutos
63 minutos	50 minutos
70 minutos	47 minutos

58 minutos	54 minutos
61 minutos	53 minutos
<b>Média: 62,4 minutos</b>	<b>Média: 51,2 minutos</b>

Com a organização do carrinho é possível verificar que se obteve uma redução de 18% no tempo de troca de ferramentas da máquina Salvagnini. Para comprovar o sucesso destas duas “medidas”, perguntou-se ao colaborador da Salvagnini se achava que o armário e a organização do carrinho tinham contribuído para diminuir os tempos não produtivos e a resposta foi a seguinte

“ O armário foi uma aquisição bastante importante pois permite-me guardar de uma maneira organizada as ferramentas, apesar de só se ter avançado para a construção deste, depois de uma ferramenta ter oxidado. A organização do carrinho ajuda-me na troca de ferramentas, pois tenho a liberdade de o organizar da maneira que mais me convém.”.

### 6.5. Possíveis ganhos com a redução de fichas

Como visto no capítulo 4.6 a empresa no ano 2013 gastou 3312€ em papel. Caso a proposta apresentada no capítulo 5.5.2 tivesse surgido e fosse aceite em 2013 apenas teriam sido abertas as 4330 fichas mãe.

Tabela 21- Abertura de fichas ano 2013.

	<b>Realidade ano 2013</b>	<b>Proposta se tivesse sido aceite em 2013</b>
<b>Nº de fichas abertas</b>	19485	4330
<b>Gasto (€)</b>	3312	736
<b>Poupança</b>	<b>3312 - 736= 2576€</b>	

Caso a proposta de melhoria tivesse sido implementada em 2013 é possível estimar que a empresa pouparia à volta de 2576€ eliminando apenas as cópias de fichas. É importante referir que as vantagens não se resumiriam apenas a este valor, pois não se estão a incluir os ganhos da proposta do capítulo 5.5.1 por ser difícil estimar a redução de fichas caso se abrisse apenas uma ficha para cada produto final. Mais uma vez é chamada a atenção para os ganhos não líquidos que se obteriam com a proposta, tais como a libertação de tempo do departamento comercial por não ter que tirar cópias a tantas fichas, a melhor organização na

área fabril, a redução da probabilidade do desaparecimento de fichas e a satisfação global de todos os colaboradores da empresa.

### 6.6. Possíveis ganhos com a pintura a decorrer em mais dias

Caso a proposta apresentada no capítulo 5.6 seja aceite e sendo possível realizar a pintura apenas com os 5 operários desta secção é apresentada a seguinte tabela. (os calculos apresentam-se no anexo IX.)

Tabela 22- Estado atual vs Estado proposto

<b>Pintura atual: 2 dias (8h por dia)</b>	<b>Proposta: 4 dias (4h por dia)</b>
	Menos 3 pessoas por dia = 1026€/mês
	Prazos de entrega mais flexíveis e curtos
	Redução de <i>stock</i> intermédio
Menor custo direto (só se liga a linha de pintura 2 vezes por semana)	Menor tempo de ciclo da montagem
	Não há necessidade de horas-extra nesta zona
	Se ocorrer alguma avaria na linha de pintura não compromete a produção de 3 dias
	+93€ por arranque = 744€/mês

O maior entrave que não permite o avanço da proposta a curto prazo é convencer a gestão de topo que apesar do facto de ter de gastar mais 744€/mês por ter ligar a linha de pintura mais vezes, é compensado com a libertação de 3 operários (no mínimo) por cada dia de pintura bem como as restantes vantagens apresentadas na tabela anterior.

### 6.7. Possíveis ganhos com a montagem eléctrica

A principal vantagem desta proposta é a redução de transportes/deslocações do operário da montagem eléctrica responsável por se deslocar ao armazém para confirmar e trazer os componentes necessários. Por conseguinte, sobra mais tempo ao operário para realizar as tarefas de acrescentar valor, sendo que, caso esta proposta seja implementada juntamente com a do capítulo anterior, consegue-se obter um grande aumento da produtividade na área da montagem eléctrica. O facto de já existir um “armário” em boas condições e inutilizado

também vem dar força a esta proposta, pois não é preciso investimento inicial (apenas tempo e mão-de-obra para mudar o armário de sitio.)

Esta proposta foi vista com bons olhos por parte de quase toda a gestão de topo, levando apenas à reticência de um dos chefes da empresa. Esta reticência, segundo o próprio, tem a ver com o facto de caso esta proposta fosse aprovada passaria a haver um controlo menor sobre os componentes do armazém o que poderia levar ao desaparecimento dos mesmos. O chefe da empresa defende que da forma atual os responsáveis pelo armazém estão sempre ilibados caso desapareça algum componente pois o operário da montagem eléctrica tem que confirmar os componentes um a um quando os for buscar. Apesar do esforço de tentar convencer o chefe da empresa que a tarefa do operário da montagem em verificar o que já foi verificado antes é um desperdício puro, o chefe ainda se mostra muito reticente em mudar, preferindo ter um custo indireto.

### *6.8. Mizusumachi*

Juntamente com as alterações realizadas do *layout*, e na área da soldadura, a proposta apresentada na secção 5.4 é, na opinião do autor, a proposta que conseguiria aumentar drasticamente a produtividade da empresa. Infelizmente, durante a apresentação da ideia juntamente com as outras à gestão de topo, notou-se que não iria avançar durante o período de estágio da dissertação devido aos seguintes factores

- Para a gestão de topo, a variabilidade de produtos torna impossível dimensionar corretamente as carruagens do comboio logístico
- Falta de vontade da gestão de topo em gastar € na aquisição de um comboio logístico
- Falta de vontade e conhecimento da gestão de topo em observar diretamente o funcionamento de um comboio logístico

Posto isto, as outras propostas ganharam prioridade sendo que o autor estimou na mesma os possíveis ganhos caso a proposta seja implementada num futuro próximo.

Com a existência de um comboio logístico na empresa a figura 23 apresentaria valores diferentes. De forma a estimar estes valores, e mais uma vez utilizando a observação direta, o autor voltou a utilizar o procedimento do capítulo 4.1.7 mas desta vez, apenas considerou como transportes os produtos que eram transportados entre postos de trabalho que não eram abastecidos nem recolhidos pela rota do mizusumachi apresentada na secção 5.4.2. Assim considerou-se que os operários que estivessem a transportar peças que estivessem dentro da



rota seriam tarefas de valor acrescentado ao invés de transportes (caso existisse o *mizusumachi* os operários não precisavam de sair do seu posto de trabalho e teriam mais tempo para as tarefas de valor acrescentado.) No anexo X estão apresentados os dados usados para a formação da seguinte figura.

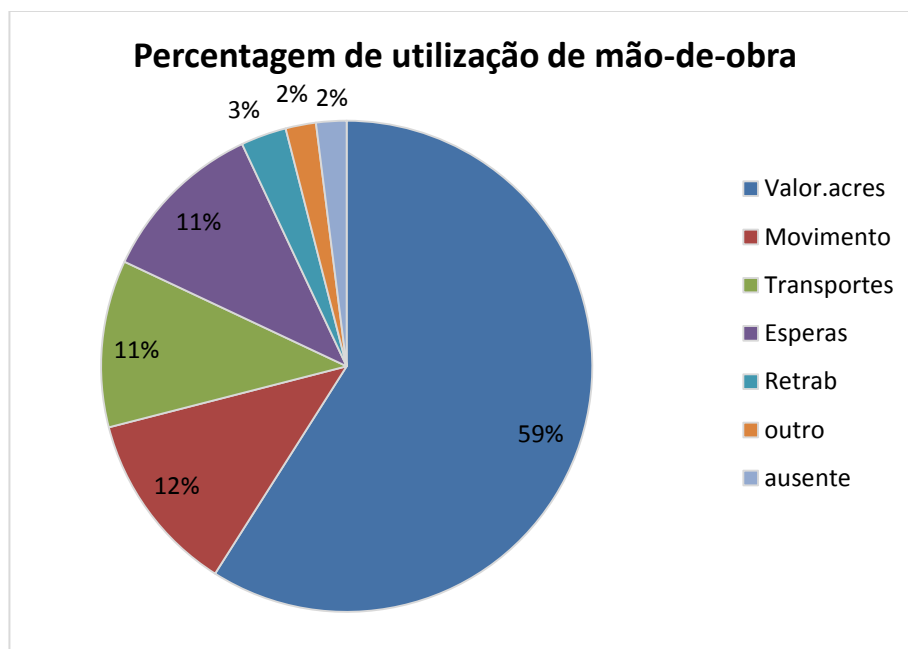


Figura 64- Percentagem de utilização de m-d-o esperada

Comparativamente com a figura 23 nota-se um aumento da percentagem de valor acrescentado e uma diminuição de transportes e movimentos. Tal como previsto, se existir apenas uma pessoa responsável pela maior parte dos transportes vai permitir que os restantes operários tenham mais tempo para tarefas de acrescentar valor ao produto. Na seguinte tabela comparam-se as diferenças entre o estado atual e um estado com *mizusumachi*.

Tabela 23- estado atual vs estado proposto

	Valor acrescentado	Movimentos	Transportes
<b>Estado atual</b>	44%	20%	18%
<b>Previsão com comboio logístico</b>	59%	12%	11%
<b>Variância</b>	+15%	-8%	-7%

Como se pode verificar um estado com um comboio logístico permitira um aumento de 15% nas tarefas de acrescentar valor ao produto. Por conseguinte, os desperdícios quer por transporte, quer por movimentos apresentariam uma redução total dos 15%. Conclui-se assim que com a implementação de um comboio logístico, consegue-se transformar 15% dos desperdícios existentes em tarefas de acrescentar valor ao produto.

De forma convencer a gestão de topo das melhorias que esta proposta possibilita é importante transformar a percentagem apresentada em €. Como tal, apresenta-se a seguinte figura.

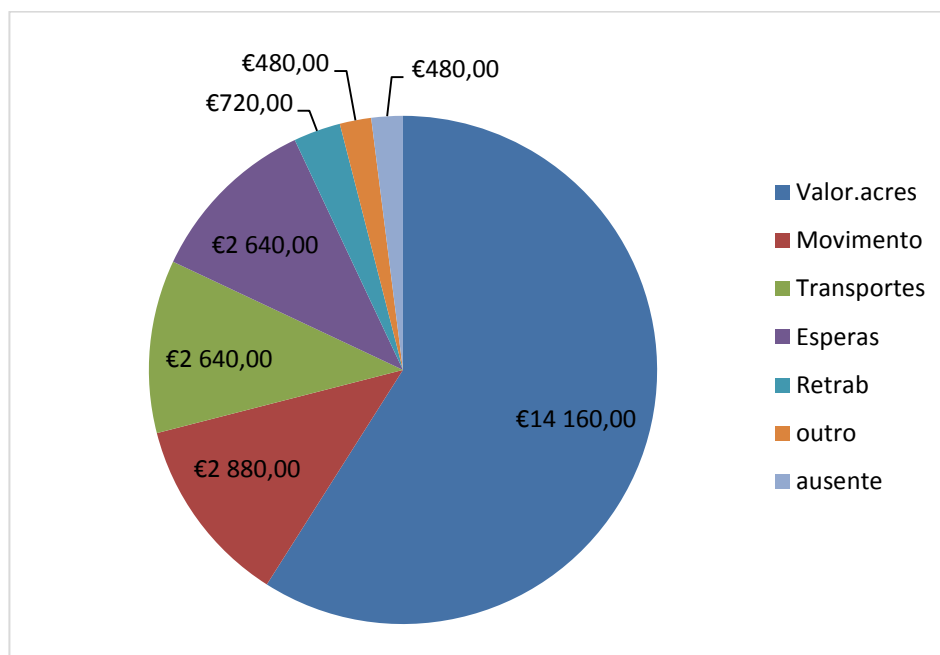


Figura 65- Despesa da m-d-o esperada

Seguindo o mesmo procedimento que no capítulo 4.1.7 obteve-se a figura de cima. De forma a comparar ambos os estados é apresentada a seguinte tabela.

Tabela 24- Estado atual vs Estado previsto

	Valor acrescentado	Movimentos	Transportes
<b>Estado atual</b>	10560€	4800€	4320€
<b>Previsão com comboio logístico</b>	14160€	2880€	2640€
<b>Variância</b>	3600€	1920€	1680€

Observando a tabela é possível concluir que os 15% correspondem a 3600€. Assim é possível afirmar que todos os meses a empresa passaria a “transformar” 3600€ que antes estavam a ser desperdiçados em transportes/movimentos, em tarefas que acrescentam valor! Este aumento de 15% ou 3600€ levaria assim a um aumento de produtividade da empresa, capacidade de resposta mais rápida, menor *WIP* entre outras vantagens.

### 6.9. Possíveis ganhos na área da soldadura

Quando as propostas apresentadas no capítulo 5.1 forem implementadas e se, de acordo com o esperado, reduzir em muito o tempo de ciclo na soldadura, uma das principais vantagens que trará à empresa num curto espaço de tempo é o facto de deixar de ser necessário horas extras por parte dos soldadores. A cronologia apresentada em seguida indica o nº de vezes que foi necessário os soldadores realizarem horas extra em cada mês para não comprometer a produção.



Para os cálculos seguintes, supõe-se que a empresa paga 4,5€ por cada hora de trabalho a cada operário.

$$\frac{800\text{€}}{22\text{dias}} = 36,6\text{€ por dia}$$

$$\frac{36}{8\text{horas}} = 4,5\text{€ por hora}$$

Na tabela seguinte estão apresentados alguns cálculos importantes, e para tal assumiu-se que cada hora extra é contabilizada como uma hora normal.

Tabela 25- Custo horas extra desde Março até Julho

**Data temporal : março até julho**

<b>Nº de dias em que foi necessário horas extras</b>	9	
<b>Tempo total</b>	9 x 4 = 36 horas	Obs: em cada dia as horas extra eram realizadas das 8h até as 12h de sábado
<b>Média de soldadores que trabalharam</b>	4	Obs: nunca chegaram a trabalhar os 6 soldadores numa manhã de sábado, normalmente foram 4
<b>Gasto da empresa por cada hora de trabalho a 1 operário</b>	4,5€	
<b>Gasto total da empresa: 36h x 4op x 4,5€ = 648€</b>		

Multiplicando as 36 horas pelos 4 operários e pelo que a empresa paga a cada um deles, conclui-se que a empresa gastou cerca de 648€ desde Março até Julho de 2014. Apesar de não ser um dado adquirido, é seguro dizer que, no mínimo, com as propostas apresentadas para a zona da soldadura a necessidade de horas extra reduz, sendo até possível elimina-las.

No capítulo 4.2.1 foi apresentada uma tabela que indica que os colaboradores da soldadura perdem em média 208 minutos por dia em transportes. Se cada mês tem em média 23 dias uteis de trabalho, pode-se então dizer que:

$$208 \text{ min} \times 23 \text{ dias} = 4784 \text{ min por mês}$$

$$\frac{4784}{60} = 80 \text{ horas}$$

Conclui-se assim que num mês de trabalho com 23 dias perde-se 80 horas em transportes (só em soldadores). É importante salientar que este número é apenas uma estimativa, pois o mais importante é alertar a gestão de topo, que apesar de estarem conscientes que é perdido muito tempo em transportes continuam com entraves e aversões à mudança.

Relativamente à proposta do “armário” para os moldes apresentado no capítulo 5.1.2 o custo é quase nulo pois apenas é necessário mão-de-obra para o colocar em caixas *standard* e etiquetar. Na semana de 2 a 6 Junho foi deixada uma folha junto às caixas dos moldes da soldadura para registar o nº de vezes que os operários se deslocaram até lá. A tabela seguinte apresenta o nº de deslocações e o tempo perdido em cada uma delas.

Tabela 24- tempo total das viagens aos moldes

	Nº de registos	Tempo médio de uma ida, procura, e vinda às caixas de moldes	Tempo total
<b>2 de junho</b>	7	5 minutos	35 minutos
<b>3 de junho</b>	9	5 minutos	45 minutos
<b>4 de junho</b>	4	5 minutos	20 minutos
<b>5 de junho</b>	7	5 minutos	35 minutos
<b>6 de junho</b>	6	5 minutos	30 minutos

**Tempo total = 165min por semana**

Atribui-se o tempo médio de 5 minutos, pois em maio foram realizadas 10 observações desde que os soldadores se levantavam do seu posto, até voltarem com o molde (anexo XI). A média encontrada nas observações foi aproximadamente 5 minutos, e observando a tabela com o número de deslocamentos registados, verifica-se que na semana de 2 a 6 de Junho os soldadores perderam cerca de 165 minutos em deslocamentos aos moldes.

Em seguida, e de forma a poder comparar resultados com a proposta apresentada, definiu-se que o tempo de ida e vinda ao armário com a nova proposta será de 1 minuto. Atribuiu-se este valor pois caso os moldes já estejam devidamente identificados e em caixas organizadas, não é necessário os colaboradores andarem à procura do mesmo, ou até mesmo perguntarem a outro soldador mais experiente que tipo de molde é que corresponde uma determinada referencia. Estes casos acontecem pois quando é necessário um determinado molde para soldar peças estes vêm identificados na ficha mãe (é o diretor de produção que identifica) e alguns soldadores não conhecem os moldes por essas referências e têm que perguntar a outros soldadores, ou até mesmo ao próprio diretor de produção. A tabela seguinte apresenta os valores esperados quando o armário for deslocado e estiver correctamente identificado.

Tabela 26- Tempo total previsto de viagens à zona dos moldes

	Nº de registos	Tempo médio de uma ida, procura, e vinda às caixas de moldes	Tempo total
<b>2 de junho</b>	7	1 minuto	7 minutos
<b>3 de junho</b>	9	1 minuto	9 minutos
<b>4 de junho</b>	4	1 minuto	4 minutos
<b>5 de junho</b>	7	1 minuto	7 minutos
<b>6 de junho</b>	6	1 minuto	6 minutos

**Tempo total = 33min por semana**

Caso o armário já estivesse pronto na primeira semana de Junho, era esperado que ao invés dos 165min fossem apenas necessários 33min. Esta é uma redução de 80% que praticamente não acarreta custos à empresa, merecendo assim uma especial atenção pela gestão de topo.

Os materiais que estavam a ocupar o armário da figura 32 já foram retirados e como tal já se colocaram lá os moldes como demonstra a figura seguinte.



**Figura 66- Armário com os moldes**

Atualmente estão-se a recolher todas as designações dos diferentes tipos de moldes, para em seguida etiqueta-los e coloca-los em caixas standard.

### **6.10. Possíveis Ganhos com a organização da chapa**

Caso a proposta presente no capítulo 5.9 seja implementada juntamente com a 5.12 originará uma redução muito significativa nos movimentos dos operários da máquina laser e da Salvagnini. Apesar de ser difícil quantificar a redução que se obterá, em conversas com o operário da máquina laser foi transmitido o seguinte

“ Cerca de 50% do tempo total que se perde nas trocas de chapa deve-se ao facto de termos de andar à procura pelos armazéns onde esta se encontra. Depois de a encontrarmos normalmente é só usar o empilhador e transporta-la para o respetivo posto para dar início à produção.”

Como o operário da máquina laser já trabalha há muitos anos na EIB e lida diariamente com este “desperdício” é a pessoa indicada para ouvir e prestar atenção. Assim, é provável que no mínimo é atingia-se uma redução na ordem dos 50% do tempo entre tocas de chapa, além de outros fatores importantes como:

- Melhor organização da empresa
- Satisfação dos operários
- Quando chegar chapa dos fornecedores já se sabe onde a colocar “normalização da chapa”

Apesar de não estarem custos diretos envolvidos nesta proposta, será necessário mão-de-obra para recolocar as chapas nos locais corretos, e mão-de-obra para criar um excel que indique o armazém e a prateleira onde se encontram as respectivas chapas. Porém, a principal aversão será a mudança de mentalidade de todos os colaboradores envolvidos diretamente nesta situação. Um exemplo desta mudança que terá de ocorrer para tudo funcionar correctamente prende-se com a seguinte situação: Quando chega à empresa chapa dos fornecedores os responsáveis do aprovisionamento colocam-na no primeiro sitio “livre” que a encontram, ou por vezes, deixam-na no chão do espaço fabril alegando que não têm tempo para andarem a procura de prateleiras livres para colocar a chapa.

Caso a proposta avance, os responsáveis pelo aprovisionamento quando uma chapa chegasse teriam de ir ao excel ver qual o local da mesma e coloca-la lá, contribuindo assim para a normalização da empresa.

Relativamente à forma como se colocam os retalhos da Salvagnini (figura 38) já houve mudanças. Todos os retalhos encontram-se agora na horizontal, facilitando a visualização e o

menor esforço por parte do colaborador. Esta situação é apenas provisória, pois ainda se está a escolher um suporte que facilite a gestão visual por parte do colaborador, e que apresente boas condições ergonómicas.



**Figura 67-** Nova disposição dos retalhos da salvagnini

### **6.11. Criação da equipa de melhoria contínua**

“Uma equipa de melhoria contínua a trabalhar diariamente na EIB trará resultados muito agradáveis para a empresa num futuro próximo.” Esta foi uma afirmação da autoria do programador da salvagnini. Acredita-se que tal seja possível pois ao longo dos anos a EIB nunca teve uma equipa de melhoria contínua, preocupando-se principalmente em melhorar a produtividade através da compra de novos e sofisticados equipamentos.

Caso os 3 objetivos propostos para a equipa sejam atingidos provocará um aumento da produtividade na empresa. Depois de serem atingidos, e caso os resultados sejam positivos, aparecerão novas oportunidades de melhoria originando assim uma espécie de “bola de neve”.

O principal entrave à criação desta equipa é o pouco tempo disponível dos elementos do grupo. Quando há um aumento de produção os intervenientes ficam muito atarefados, e nas condições atuais talvez não conseguissem comprometer-se com os objetivos propostos.



## 7. CONCLUSÃO

Este capítulo apresenta as principais conclusões da dissertação desenvolvida. Apresentam-se os objetivos atingidos, a forma como foram atingidos e os obstáculos/dificuldades encontradas ao longo do projeto. O principal objetivo desta dissertação foi melhorar a produtividade da EIB através da redução dos desperdícios e sem procurar investimentos (€). Para isso, construiu-se um diagrama de identificação de desperdícios (*Waste Identification Diagram - WID*) do sistema produtivo, de forma a detetar e a quantificar os principais desperdícios existentes, e também para se ter uma ideia sobre a capacidade produtiva da empresa.

Depois de se ter apresentado o *WID* à chefia de topo, foram propostos 2 desafios: reduzir os desperdícios de movimentação/transporte e melhorar a produtividade na área da soldadura.

Relativamente ao primeiro desafio, a proposta que conseguia provocar uma redução drástica nos transportes era a implementação de um comboio logístico. Porém, depois de se ter apresentado a ideia de um “*mizusumachi*” um dos chefes da empresa não ficou muito convencido devido a ser necessário um investimento inicial (€). Ainda assim, foi realizado um novo *WID* supondo que o *mizusumachi* estivesse em funcionamento, e chegou-se à conclusão que se conseguiria diminuir os transportes em 15% (cerca de 3600€ que a empresa desperdiça em transportes passariam a ser utilizados em tarefas de valor acrescentado.)

Como o comboio logístico não foi implementado, recorreu-se a novas ideias para ultrapassar o primeiro desafio. Assim, foram realizadas alterações de *layout*, colocação de um armário com chapa próximo da guilhotina, e sugeriram-se novas propostas que vão ser implementadas no futuro, como a organização da chapa e a sua localização na ficha de execução. Conseguiu-se desta forma, reduzir acima dos 60% os desperdícios existentes de transportes/movimentações nas propostas implementadas, e espera-se uma redução igualmente produtiva nas propostas que ainda ficaram por concretizar.

Relativamente ao desafio de melhorar a produtividade na soldadura foram sugeridas 4 propostas. A proposta que foi prontamente aceite por todos e está atualmente em execução foi passar a ser um operário das ferramentas e manutenção a soldar por pontos ou os pernos, aumentando assim a mão-de-obra existente (antigamente era um dos soldadores a soldar por estes 2 tipos.) A próxima proposta que está a ser implementada é a utilização de um armazém para os moldes, com caixas standard e etiquetas para os identificar. As outras duas propostas

espera-se que sejam implementadas num futuro próximo, e consistem em diminuir as folgas que algumas peças apresentam (estas folgas obrigam a um retrabalho por parte dos soldadores que têm de “encher” a folga com material para poderem passar o cordão TIG), e por fim, talvez a que apresente maiores resultados à empresa num futuro próximo, é não permitir aos soldadores realizarem transportes de peças/produtos (passa a ser um operário das ferramentas e manutenção e assim conseguem-se transformar 80h/mensais de transportes em valor acrescentado ao produto.)

Como sugestão para trabalho futuro, considera-se extremamente importante a criação de uma equipa de melhoria contínua, pois há bastantes áreas na empresa ainda por explorar, que devido ao curto prazo da dissertação não foram alvos de análise. A política da empresa antes da elaboração desta dissertação era que apenas se consegue melhorar a produtividade através da aquisição de novos equipamentos e assim, espera-se que com este projeto consiga-se mudar a mentalidade por parte da chefia e da geração vindoura.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- Amorim, B. (2008). *Optimização de abastecimentos de Materiais no Âmbito dos processos de logística interna*. Mestrado Integrado em Engenharia Eletrónica e de Computadores, Faculdade da Universidade do Porto.
- Arezes, P., Carvalho, D., & Alves, A. (2010). *Threats and Opportunities for Workplace Ergonomics in Lean Environments. Proceedings of 17th International Annual EurOMA Conference- Managing Operations in service economics, (Eds.) R. Sousa, C. Portela, S. S. Pinto, H. Correira,.* Porto, Portugal: Universidade Católica Portuguesa 6-9 June.
- Chan, F. (2001). Effect of kanban size on just-in-time manufacturing systems. *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 116, pp. 140-160.
- Coimbra, E. (2009). *Total Flow Management Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. Kaizen Institute.
- Courtois, P., & Bonnefous, M. (2006). *Gestão da produção*. (5. edição, Ed.) Lisboa: Lidel ED.
- Cruz, N. (2013). *Implementação de ferramentas Lean Manufacturing no processo de injeção de plásticos*. Tese de doutoramento em Engenharia e Gestao Industrial. Escola de engenharia. Universidade do Minho.
- Dennis, P. (2007). *Lean Production Simplified*. New York: Productivity Press.
- Dinis-Carvalho. (2013). *Waste Identification Diagrams*. Guimarães: Universidade do Minho
- Fisher, M. (1999). *Process improvement by poka-yoke*. *Work study*, 48, 264-266.
- Ghinato, P. (2006). *Jidoka- Mais do que um pilar da Qualidade*, Lean Way Consulting
- Grichnik, k., Bohnen, H., & Turner, M. (2009). *Standardized Work - The first step toward real transformation*. Booz&Co.
- Gross, J., & McInnis, K. R. (2003). *Kanban Made Simple: Demystifying and Applying Toyota's Legendary Manufacturing Process*. Nova York: Amacom.
- Hines, P., & Taylor, D. (2000). *Going Lean*. Cardiff: Lean Enterprise Research Center.
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The key To Japan's Competitive Success*. Irwin: McGraw/hill.

- Liker, J. (2004).: *The Toyota Way*. McGraw-Hill Professional.
- Liker, J., & Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook - A Pratical Guide for implementing Toyota´s 4Ps*. McGraw Hill.
- Matzka, J. (2009). *Buffer sizing of a Heijunka Kanban system*. Journal of Intelligent Manufacturing, Springer.
- Melton, T. (2005). *The benefits of leaning manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries*. Chemical Engineering Research and Design.
- Monden, Y. (1981). *Adaptable Kanban System Helps Toyota Maintain Just-in-Time Production*. Industrial Engineering..
- Monden, Y. (1983). *Toyota Production System*. Georgia: Institute of Industria Engineers .
- Nakajima, S. (1988). *Toyota Production System: An integrated Approach to Just in Time*. Georgia: Engineering & Management Press.
- O'Brien, R. (1998). *An Overview of the Methodological Approach of Action Research*. Toronto: Faculty of information Studies.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale*. New York: Productivity Press.
- Ortiz, A. (2006). *Kaizen Assembly: Designing, Constructing and Managing a Lean Assembly Line*. New York: CRC Press.
- Osada, T. (1991). *The 5S's: five keys to a total quality environment*. Tokyo: Asian Productivity Organisation.
- Pinto, J. (2009). *Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras*. Lisboa: Lidel.
- Pinto, J. (2013). *Manutenção Lean*. Lisboa: Lidel- Edições tecnicas Lda.
- Rother, M. (2009). *Toyota Kata: Managing People for improvement, Adaptiveness and Superior Results*. McGraw Hill.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to see - Value Stream Mapping to create value and eliminate muda*. Massachusetts: The Lean Enterprise Institue.
- Shewhart, W. (1931). *Economic Control of Quality of Manufactured Product*.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in manufacturing - THE SMED SYSTEM*. Productivity Press.

Shingo, S. (1989). *A study of the Toyota Production System From Industrial Engineering Viewpoint*. Productivity Press.

Silva, J. (Abril de 2014). *OEE- A forma de medir a eficácia dos equipamentos*. Obtido em 13 de Abril de 2014, de <http://www.freewebs.com/leanemportugal/artigoswhitepapers.htm>

Womack, J. &. (1996). *How too root waste and persue perfection*. Harvard Business Review.

Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world: the story of lean production*. New York: Rawson associates.

Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (2007.). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production -- Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry*. Free Pass.



## ANEXO I – CÁLCULO DO TEMPO DE CICLO

As tabelas seguintes mostram os tempos observados em cada posto, e também indicam os fatores que fazem o tempo de ciclo variar. Cada amostra inclui 10 observações, tirando a soldadura que por ser o processo que tem os tempos mais variados, foi observada 20 vezes.

Tabela 27- Cálculo do tc da máquina laser

Tempo de ciclo (min)	Média do tempo de ciclo (min)	Causas que fazem variar o tc
1	0,7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• N° de operações</li> <li>• Desenho das peças</li> </ul>
0,8		
0,5		
0,6		
0,4		
0,7		
0,8		
0,6		
0,4		
1,2		

Tabela 28- Cálculo do tc da guilhotina

Tempo de ciclo (min)	Média do tempo de ciclo (min)	Causas que fazem variar o tc
0,8	0,8	N° de cortes Dimensão Espessura N° de movimentos da chapa Tempo de 1 corte= 2segundos
1,1		
0,8		
0,9		
0,7		
0,6		
0,7		
0,7		
0,7		
0,9		

Tabela 29- Cálculo do tc da punctionadora

Tempo de ciclo (min)	Média do tempo de ciclo (min)	Causas que fazem variar o tc
0,3	0,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• N° de punções</li> <li>• Dimensão</li> </ul> Tempo de 1 punção= 1 segundo
0,4		
0,5		
0,3		
0,7		
0,8		
0,5		
0,5		
0,7		
0,6		

Tabela 30- Cálculo do tc da quinagem

Tempo de ciclo (min)	Média do tempo de ciclo (min)	Causas que fazem variar o tc
1	1	N° de quinagens Dimensão Tempo de uma quinagem= 3 segundos
0,8		
1		
0,4		
0,4		
1,5		
1,6		
1,5		
1		
1,3		
0,9		

Tabela 31- Cálculo do tc da soldadura

Tempo de ciclo (min)	Média do tempo de ciclo (min)	Causas que fazem variar o tc
1	2,2	Comprimento da solda Tipo de material (ferro, inox, alumínio) N° de soldas
2		
2,4		



3		Necessidade de encher material
1		
1		
5		
2		
3		
4		
1,2		
2		
1,3		
3		
2		
2,4		
3		
2,3		
2,2		
1		

Tabela 32- Cálculo do tc do acabamento

Tempo de ciclo (min)	Média do tempo de ciclo (min)	Causas que fazem variar o tc
1		
1,5		
1		
0,7		
0,4		
1	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• N° das soldas</li> <li>• Comprimento</li> </ul>
1		
0,4		
2		
0,3		
1		

Tabela 33- Cálculo do tc da pintura

Tempo de ciclo (min)	Média do tempo de ciclo (min)	Causas que fazem variar o tc
0,5		
0,5		
0,5		
0,5		
0,5	0,5	O tc nao varia numa situação normalizada pois a linha pinta automaticamente
0,5		
0,5		
0,5		
0,5		
0,5		

Tabela 34- Cálculo do tc da montagem

Tempo de ciclo (min)	Média do tempo de ciclo (min)	Causas que fazem variar o tc
3		
5		
9		
2		
2		
2		
8		
4		
5		
7	5	Se leva eletrificação ou nao Do esquema elétrico Dimensões
2		
5		
8		
3		
6		
7		
3		
10		
7		
4		

## ANEXO II – CÁLCULO DO WIP

Tabela 35- Wip Guilhotina

<b>Guilhotina</b>	<b>Wip(kg)</b>
1º observação	40
2º observação	200
3º observação	100
4º observação	24
5º observação	140
<b>Média</b>	<b>100,8</b>

Tabela 36- Wip Puncionadora

<b>Puncionadora</b>	<b>Wip(kg)</b>
1º observação	240
2º observação	50
3º observação	20
4º observação	120
5º observação	70
<b>Média</b>	<b>100</b>

Tabela 37- Wip Laser

<b>Laser</b>	<b>Wip(kg)</b>
1º observação	300
2º observação	600
3º observação	500
4º observação	300
5º observação	552
<b>Média</b>	<b>450,4</b>

Tabela 38- Wip Quinagem

<b>Quinagem</b>	<b>Wip(kg)</b>
1º observação	835
2º observação	894
3º observação	870

<b>4º observação</b>	550
<b>5º observação</b>	600
<b>Média</b>	749,8

Tabela 39- Wip Soldadura

<b>Soldadura</b>	<b>Wip(kg)</b>
<b>1º observação</b>	2300
<b>2º observação</b>	2000
<b>3º observação</b>	1800
<b>4º observação</b>	2900
<b>5º observação</b>	2500
<b>Média</b>	2300

Tabela 40- Wip Acabamento

<b>Acabamento</b>	<b>Wip(kg)</b>
<b>1º observação</b>	900
<b>2º observação</b>	700
<b>3º observação</b>	820
<b>4º observação</b>	570
<b>5º observação</b>	1008
<b>Média</b>	799,6

Tabela 41- Wip Pintura

<b>Pintura</b>	<b>Wip(kg)</b>
<b>1º observação</b>	900
<b>2º observação</b>	1200
<b>3º observação</b>	980
<b>4º observação</b>	1240
<b>5º observação</b>	700
<b>Média</b>	1004

Tabela 42- Wip Montagem

<b>Montagem</b>	<b>Wip</b>
-----------------	------------

<b>1º observação</b>	834
<b>2º observação</b>	680
<b>3º observação</b>	730
<b>4º observação</b>	820
<b>5º observação</b>	437
<b>Média</b>	700,2

Tabela 43- Transformação do wip(kg) para wip(peças)

<b>Processo</b>	<b>Wip em kg</b>	<b>Wip em peças</b>
<b>Guilhotina</b>	100	10
<b>Puncionadora</b>	100	10
<b>Máquina laser</b>	450,4	45
<b>Quinagem</b>	749,8	75
<b>Soldadura</b>	2300	230
<b>Acabamento</b>	799,6	80
<b>Pintura</b>	1004	104
<b>Montagem</b>	700,2	70



## ANEXO III – TEMPOS DE CHANGEOVER

Tabela 44- Changeover da Máquina Laser

Tempo de changeover (min)	Média do tempo de changeover (min)	Causas que fazem variar o tempo de changeover
5	3,5	Programação da máquina Troca de chapa Troca de matriz Nº de trocas necessarias
2		
3,2		
4		
2,3		
3		
5		
5		
1,7		
4		

Tabela 45- Changeover da puncionadora

Tempo de changeover (min)	Média do tempo de changeover (min)	Causas que fazem variar o tempo de changeover
3	2	Nº de troca de ferramentas Ferramenta mais rapida =30 segundos Ferramenta mais longa= 2 minutos
2		
1		
4		
1,3		
3		
1,2		
2,3		
0,7		
1,8		

Tabela 46- Changeover da quinagem

<b>Tempo de changeover (min)</b>	<b>Média do tempo de changeover (min)</b>	<b>Causas que fazem variar o tempo de changeover</b>
0,3	0,3	Nº de troca de quinadeiras Troca de uma quinadeira=0,1 min
0,5		
0,2		
0,3		
0,6		
0,2		
0,4		
0,5		
0,2		
0,1		

Tabela 47- Changeover do acabamento

<b>Tempo de changeover (min)</b>	<b>Média do tempo de changeover (min)</b>	<b>Causas que fazem variar o tempo de changeover</b>
1,5	2	Trocar disco = 2min
3		
2,2		
1,6		
2,6		
2,8		
3,4		
1		
1,4		
0,9		



Tabela 48- Changeover da pintura

Tempo de changeover (min)	Média do tempo de changeover (min)	Causas que fazem variar o tempo de changeover
20	12,5	Troca automática – grandes séries =20min Trocadas manuais – pequenas séries =5min
5		
17		
4		
21		
7		
21		
6		
21		
3		



## ANEXO IV - CÁLCULO DO ESFORÇO DE TRANSPORTE

Tabela 49- Calculo do esforço de transporte para elaboração do WID

<b>Percurso</b>	<b>Distancia(m)</b>	<b>Peso (kg) chapa</b>	<b>Nº peças</b>	<b>Meio.d.t</b>
<b>Armazém - laser</b>	19	1200	120	Empilhadora
<b>Armazém-guilhotina</b>	43	300	30	Mesa com rodas/empilhadora
<b>Guilhotina-puncionadora</b>	8	300	30	Mesa com rodas
<b>Laser- quinagem</b>	50	920	92	Porta-paletes
<b>Puncionadora-quinagem</b>	7	300	30	Porta-paletes
<b>Quinagem - soldadura</b>	20	1222,0	122,0	Porta-paletes
<b>Laser- acabamento</b>	76	280	28	Porta-paletes
<b>Soldadura-acabamento</b>	30	1222	122	Porta-paletes
<b>Acabamento - pintura</b>	4	1500	150	Porta-paletes
<b>Pintura- montagem</b>	18	1000	100	Porta-paletes
<b>Pintura-expedição</b>	20	500	50	Porta-paletes
<b>Montagem –expedição</b>	30	1000	100	Porta-paletes



## ANEXO V- TABELA USADA PARA A CONSTRUÇÃO DO GRÁFICO

Ob.nº	Data/hora	Valor.acres	Movimento	Transportes	Esperas	Process. Exces	Retrab	ausente	outro
1	05/9h20	13	5	7	3		1		1
2	05/9h40	11	6	8	2		2		1
3	05/10h42	12	6	7	3		1		
4	05/11h16	13	5	9	2				1
5	05/13h29	14	5	7	4				
6	05/14h43	10	7	6	4		1		2
7	05/15h14	14	4	7	2		1		2
8	05/15h53	12	5	5	4		1		3
9	05/16h57	12	8	4	2		1		3
10	05/17h14	15	7	5	2				1
11	06/15h05	14	5	6	2				3
12	06/17h11	13	5	5	2		2		3
13	07/ 10h42	17	7	3	2				1
14	07/15h05	13	8	5	1		1		3
15	07/15h33	13	7	7	2				1
16	07/15h52	14	5	4	3		3		1
17	07/16h37	12	9	2	6				1
18	07/17h23	12	5	5	6		1		1
19	10/9h44	16	5	4	3		1		1
20	10/11h18	16	4	3	3		1		3
	total	266	118	109	58	0	17	0	32
		44%	20%	18%	10%		3%		5%

Figura 68- Excel das amostras recolhidas



**ANEXO VI – CÁLCULO DA MÉDIA DE TEMPO DE TRANSPORTE DOS SOLDADORES (LEVAR E IR BUSCAR PEÇAS)**

Tabela 50- Cálculo do tempo médio de transporte

<b>Identificação</b>	<b>Tempo(min)</b>	<b>Média(min)</b>
<b>Soldador 1</b>	6	
<b>Soldador 3</b>	11	
<b>Soldador 2</b>	8	
<b>Soldador 1</b>	5	
<b>Soldador 4</b>	7	
<b>Soldador 5</b>	15	
<b>Soldador 2</b>	6	8
<b>Soldador 6</b>	10	
<b>Soldador 5</b>	12	
<b>Soldador 1</b>	5	
<b>Soldador 6</b>	6	
<b>Soldador 4</b>	9	





**ANEXO VII - GAMA OPERATÓRIA**

Tabela 51- Amostra da % de produtos que percorrem o percurso laser- quinagem

	<b>Produto</b>	<b>Laser</b>	<b>Quinagem</b>	<b>Outra</b>
<b>1</b>	Frontal superior dm130027-2C	X	X	
<b>2</b>	Frontal superior dm130117-2A	X	X	
<b>3</b>	Peça de escoamento dm130101-13A	X	X	
<b>4</b>	Frontal superior Dm130116-2A	X	X	
<b>5</b>	Frontal inferior Dm130115-15A	X	X	
<b>6</b>	Peça suporte do detetor dm130115-12A	X	X	
<b>7</b>	Tampa da platine direita dm130115-11A	X	X	
<b>8</b>	Tampa da platine esquerda dm130115-10A	X	X	
<b>9</b>	Platine de eletronica dm130015-9A	X	X	
<b>10</b>	Reforço inferior do frontal dm130115-8A	X	X	
<b>11</b>	Suporte triplo p/barrier 8 polos 4AS149003-1.0-prototipo	X	X	
<b>12</b>	Tampa traseira p/TPU500 OP 4 4AS139040-1.1-Prototipo	X	X	
<b>13</b>	Frontão 7U P/Prot. Siemens 19"4PLO63065-1.1	X	X	
<b>14</b>	Frontão 5U P/REASON RA331 ASPL120053-1.1	X	X	
<b>15</b>	Prateleira 3UP/1/2 PC FANLESS BOX. ASPL120020-1.1	X	X	
<b>16</b>	Frontão 7U P/TPU e Caixas Entre.4PL073017-1.1 OP.3	X	X	
<b>17</b>	Frontão 7U P/Prot. Siemens 19"4PLO63065-1.1	X	X	
<b>18</b>	Frontão 3U P/MOXAS EDS-316e508 ASPL120023	X	X	

---

19	Frontão 1U P/MODEM MIU ASPL120077	X	X
20	Suporte de Lâmpadas LED 12vdc ASPL120086_01	X	X
21	Frontão 6U 3 ENTREL +1 RTXP18 e RTXP24 ASPL130086	X	X
22	Frontão 8U P/CONT. POT SL7000 ASPL080098 OP.2	X	X
23	Frontão 7U P/TPU E RTXP18 4PL063069	X	X
24	Frontão 7U RED670 + RTX24 ASPL120084	X	X
25	Frontão 7U P/RE670 3/4 +RTXP24 ASPL130011-1.0	X	X
26	Frontão 8U P/CONT. POT SL7000 ASPL080098 OP.1	X	X
27	Calha suporte p/RELES 4PL043035-1.2	X	X
28	Frontão 4U RAL7035 4PL073032-1.0	X	X
29	Frontão 1U RAL7035 4PL063013-1.3	X	X
30	Frontão 1U P/8 Fichas D25 ASPL140001	X	X
31	BOTONEIRA CABINA COLUNA 8 PISOS CITY-VEGA SARO	X	X
32	QUADRO SÓ CHAPA C/1000X600X250	X	X
33	Peça P/Fixaçãode filtro p/LCS	X	X
34	Peça P/Fixação de filtro Lateral P/LCS	X	X
35	Quad . Dist c/porta c/1118x796x260 216M IP54 C.II	X	X
36	Caixa INOX304 DE PROTECÇÃO DETETOR VC	X	X
37	Conj simbolo e letras interligadas INOX304 c/DES "ID2"	X	X
38	Topo direito p/Indicador 16XN/500 DM0002A-SC	X	X
39	TOPO ESQ.P/INDICADOR 16XN/500 DM0002B-5C	X	X

DIAGNÓSTICO E AÇÕES DE MELHORIA NO SISTEMA PRODUTIVO DA EIB

40	Quadro MB600-E00 c/500x850x270 c/2 Portas IP43	X	X	
41	Caixa INOX316 c/platine e porta opaca c/600x600x210 IP65	X	X	
42	Consola Reforçada p/esteira comp. 650	X	X	
43	Chapa p/filtro de entrada dm10003-0C	X	X	
44	Quadro c/int ap.medida e barr c/2100x1000x350	X	X	
45	Calço em chapa c/des	X	X	
46	Caixa inox 304 c/200x260x65 terminal mod.bpw112	X	X	
47	Conj porta e espelho p/quadro coluna c/amostra	X	X	
48	Fazer alteração em caixa do cliente e executar acoplamento	X	X	
49	Mesa comandos carro multiforcas rap1250 c/1050x800x400 c platine	X	X	
50	Mesa de comandos c/250x600x500 s/pedestal c/des	X	X	
51	Redução p/calha de 250x50 P/100x50 c/des	X	X	
52	Quad+dist+dif+cont c/1118x 568x260 +/- 60M IP54	X	X	
53	Calha c.cabos perf 150x100	X	X	
54	Calha c.cabos perf 150x100	X	X	
55	Chapa suporte p/lentes placa DP0407 DM130106-1A	X		X
56	Chapa suporte p/lentes tipo 4 dm130105-2A	X		X
57	Chapa suporte p/lente tipo 3 DM130104-2A	X		X
58	Chapa suporte p/lente tipo 2 DM130104-2A	X		X
59	Chapa suporte p/lentes tipo 1 dm130105-2A	X		X
60	Suporte superior dm130027-4C	X		X
61	Suporte superior dm130117-3A	X		X
62	Chapa suporte p/peça fixação em calha DM130031-	X		X

---

	1C		
63	Peça de escoamento dm130101-13A	X	X
64	Suporte superior dm130116-3A	X	X
65	Suporte inferior DM130115-16A	X	X
66	Peça reforço de fixação dm130115-13A	X	X
67	Peça suporte do detetor dm130115-12A	X	X
68	Tampa da platine direita dm130115-11A	X	X
69	Tampa da platine esquerda dm130115-10A	X	X
70	Platine de eletronica dm130015-9A	X	X
71	Reforço inferior do frontal dm130115-8A	X	X
72	Suporte triplo p/barrier 8 polos 4AS149003-1.0-prototipo	X	X
73	Tampa traseira p/TPU500 OP 4 4AS139040-1.1-Prototipo	X	X
74	Frontão 7U P/Prot. Siemens 19"4PLO63065-1.1	X	X
75	Frontão 5U P/REASON RA331 ASPL120053-1.1	X	X
76	Prateleira 3UP/1/2 PC FANLESS BOX. ASPL120020-1.1	X	X
77	Antena M BOX em Latão C/Des	X	X
78	Frontão 7U P/TPU e Caixas Entre.4PL073017-1.1 OP.3	X	X
79	Frontão 7U P/Prot. Siemens 19"4PLO63065-1.1	X	X
80	Frontão 3U P/MOXAS EDS-316e508 ASPL120023	X	X
81	Suporte de Lâmpadas LED 12vdc ASPL120086_01	X	X
82	Frontão 8U P/CONT. POT SL7000 ASPL080098 OP.1	X	X
83	BOTONEIRA PATAMAR PP2-80-280 VEGA TRESA	X	X

DIAGNÓSTICO E AÇÕES DE MELHORIA NO SISTEMA PRODUTIVO DA EIB

84	BOTONEIRA PATAMAR 3-80-280 VEGA TRESA	X	X
85	BOTONEIRA PATAMAR 2-80-280 VEGA TRESA	X	X
86	BOTONEIRA PATAMAR PP1-70-3500 VEGA ICARD	X	X
87	BOTONEIRA PATAMAR 2-75-165-VEGA	X	X
88	CHAPA DISP.ICARO AP-200X90-A	X	X
89	BOTONEIRA CABINA 3P 200X100	X	X
90	BOTONEIRA PATAMAR PP2-85-250 VEGA ICARD	X	X
91	BOTONEIRA PATAMAR 2-85-160 VEGA	X	X
92	BOTONEIRA DE PATAMAR 1F 90x120	X	X
93	BOTONEIRA CABINA 5 PISOS VEGA 650x192-GMV	X	X
94	Pintar peças do cliente a RAL 9003	X	X
95	Quadro dist. C/porta c/1293x796x190 252M IP54 c.II (standard)	X	X
96	Quadro dist. C/porta c/944x580x190 120M IP54 c.II (standard)	X	X
97	Quad. Dist c/porta c/1118x580x190 144M IP54 C.II (standard)	X	X
98	Quad . Dist c/porta c/1118x580x190 144M IP54 C.II (standard)	X	X
99	Quad. Dist c/porta c/1118x580x190 144M IP54 C.II (standard)	X	X
100	Quad . Dist c/porta c/1118x796x260 216M IP54 C.II	X	X

56 em 100 seguiram o percursos Laser -> Quinagem



## ANEXO VIII – Nº MÉDIO DE FOLHAS

<b>nºficha</b>	<b>media de folhas</b>	<b>média</b>
1	13	10
2	15	
3	15	
4	9	
5	12	
6	7	
7	7	
8	6	
9	7	
10	13	
11	6	
12	10	
13	9	
14	11	
15	9	
16	17	
17	11	
18	7	
19	11	
20	7	
21	10	
22	5	
23	5	
24	8	
25	7	
26	4	
27	13	
28	9	
29	4	

<b>30</b>	7
<b>31</b>	13
<b>32</b>	5
<b>33</b>	9
<b>34</b>	8
<b>35</b>	8
<b>36</b>	8
<b>37</b>	15
<b>38</b>	7
<b>39</b>	8
<b>40</b>	13
<b>41</b>	10
<b>42</b>	10
<b>43</b>	10
<b>44</b>	9
<b>45</b>	10
<b>46</b>	10
<b>47</b>	9
<b>48</b>	10
<b>49</b>	10
<b>50</b>	11
<b>51</b>	10
<b>52</b>	10
<b>53</b>	10
<b>54</b>	10
<b>55</b>	11
<b>56</b>	10
<b>57</b>	10
<b>58</b>	10
<b>59</b>	8
<b>60</b>	10



## ANEXO IX – ANÁLISE E PROPOSTA PARA A ÁREA DA PINTURA

Com a ajuda do departamento da contabilidade forma conseguidos os seguintes dados:

$$1\text{kwh}=0,15\text{€}$$

$$1\text{m}^3=1,15\text{€}$$

Assim foi verificado quanto é que a linha de pintura gasta de ar comprimido e de gás natural só para aquecer na primeira hora e atingir a temperatura de 200°.

$$53\text{kwh} = 53*0,15 = 8\text{€}$$

$$74\text{ m}^3 = 74 * 1,15\text{€} = 85\text{€}$$

$$\text{Aquecimento} = 85\text{€} + 8\text{€} = 93\text{€}$$

Como a proposta implica que se ligue a linha de pintura mais 2 dias durante a semana, durante um mês tem-se o seguinte gasto extra

$$93\text{€} * 2\text{dias} * 4\text{semanas} = 744\text{€}$$

Supondo que a empresa gasta 4,5€ por hora a cada operário, se os 3 operários que se têm de deslocar para a pintura em cada dia deixarem de ser necessários, “ganha-se”

$$4,5\text{€} * 9,5\text{horas}(\text{dia}) * 3\text{colaboradores} * 2\text{dias} * 4\text{semanas} = 1026\text{€/mês}$$







## ANEXO XI – DESLOCAÇÕES DOS SOLDADORES ATÉ AOS MOLDES

Tabela 52- Tempo médio de uma viagem (ida e volta) à zona de moldes

dia	nº observações	início	fim	tempo	média(min)
13/mai	1	16h02	16h07	5	<b>5</b>
14/mai	2	9h20	9h26	6	
14/mai	3	10h00	10h06	6	
14/mai	4	11h32	11h38	6	
14/mai	5	15h15	15h18	3	
14/mai	6	17h05	17h09	4	
16/mai	7	14h20	14h24	4	
17/mai	8	11h24	11h29	5	
19/mai	9	11h34	11h38	4	
20/mai	10	15h30	15h35	5	